1931
1183.

Stat. inž. J. GABRYS,
Plentų ir Vandens Kelių Direktorius

SAUSKELIAI

II-ji dalis

II-sis skyrius

GELŽBETONINIAI IR BETONINIAI TILTAI

(Dirbtini kelio pastatai)

870 brėžinių

S. M. Plentų ir Vandens Kelių Valdybos leidinys

Kaunas, 1931 metai

TURINYS

Pusl.

I. Bendros žinios 7

1. Tiltų reikšmė ir rūšys 7
2. Gelžbetoninių tiltų ypatybės 9
3. Gelžbetoninių tiltų konstrukcijos 10
4. Tiltų padėtis 14
5. Parengiamieji darbai 14

II. Tiltų angų skaičiavimas 19

6. Bendrieji dėsniai 19
7. Prie tilto pritekamo vandens kiekio nustatymas . . 20
8. Lietaus ir liūčių vandens nutekėjimas 22
9. Liūčių vandens debito nustatymas 25
10. Grunto rūšies ir baseino apžėlimo vandeniui nutekėti įtaka 26
11. Liūčių vandens debitui skaičiuoti formulės . . 28
12. Mažų tiltų angų liūčių vandeniui praleisti apskaičiavimas 36
13. Būklės greičio nustatymas 36
14. Aukščiausio vandens horizonto nustatymas . . . 41
15. Natūralių hidrauliškų vagos elementų matavimas . 43
16. Tiltų angų nustatymas 43
17. Leidžiami paspyrio dydžiai 48
18. Leidžiami vandens tekėjimo greičiai 49
19. Lovio nuolydis 50
20. Bresso formulės netinkamumo atsitikimai 52
21. Skaičiavimo tvarka 53
22. Tilto angos ir ilgio nustatymas 55
23. Per negilią plačiai išsiliejusią upę tilto angos nustatymas 56
24. Daudoje latako nuolydžio nustatymas 56
25. Apvalių ir kitokių be vandens spaudimo vamzdžių angų apskaičiavimas 58
26. Vandens pro užtvanką prasiveržimo įtaka į vandens debitą 60
27. Tiltelio ar vamzdžio parinkimas; galutinas angos dydžio nustatymas 61

Pusl.

28. Pavasario vandens nuotako sąlygų ir debito nustatymas 61
29. Gyvieji skrodžiai 62
30. Tikslesni vandens tekėjimo greičiui ir debitui nustatyti būdai 62
31. Palengvintas mažų upių vandens greičiams nustatyti būdas 67
32. Palengvintas didelių upių greičiams ir debitams nustatyti būdas 67
33. Gyvųjų skrodžių parinkimas 69
34. Didelių tiltų angų skaičiavimas 71
35. Angos nustatymas, kai neleidžiama išplauti vagą . 73
36. Angos nustatymas, kai leidžiama išplauti vagą . . 77
37. Papildomosios angos 81

III. Betono ir gelžbetonio medžiagos 83

38. Betono sudėtis 83
39. Cementas 84
40. Vanduo 88
41. Smėlis, žvyras, žvirgždas ir kitos medžiagos . . . 88
42. Klojiniai, formos ir pastoliai 94
43. Balkinių tiltų pastoliai, formos ir klojiniai 103
44. Arkinių tiltų pastoliai, formos ir klojiniai 111
45. Geležinė armatūra 115

IV. Betono paruošimas 120

46. Betono rūšys 120
47. Betono maišymas 121
48. Betono sudėtis ir maišymo proporcijų nustatymas 122
49. Plūktasis betonas 125
50. Išorinis betonas 128
51. Minkštasis (plastiškasis) betonas 129
52. Lietasis betonas 130
53. Piltasis betonas 131
54. Betono prižiūrėjimas kietėjimo metu 131
55. Betono kokybės išbandymas 133

V. Pamatai ir atramos 138

56. Grunto rūšys 138
57. Grunto atsparumas 139

Pusl.

58. Pamatų gilumas 141
59. Tiltų kotlovanų įtaisymas 144
60. Svarbiausios pamatų rūšys 164
61. Laukakmenių, betono, gelžbetonio ir smėlio pamatai 164
62. Polių pamatai 170
63. Pamatai ant šulinių ir kesonų 183
64. Tiltų ramtai 189
65. Taurai ir lytlaužos 198

VI. Tiltų pagrindiniai elementai ir projektavimo sąlygos . . 201

66. Tilto gabaritas 201
67. Išilginiai ir skersiniai nuolydžiai 201
68. Važiuojamoji dalis 202
69. Tilto paviršiaus nusausinimas ir izoliacija . . . 204
70. Temperatūros veikimas ir temperatūriniai tarpai . 205
71. Statiško skaičiavimo sudėtis, tvarka ir duomenys . 207
72. Leidžiamieji įtempimai 210
73. Sistemos parinkimas 212
74. Sistemos ypatybės 214

VII. Mažųjų angų tiltai ir vamzdžiai 215

75. Vamzdžiai 215
76. Balkiniai perdengimai 223
77. Plokštė 224
78. Briauninė plokštė 239
79. Arkiniai perdengimai 292
80. Statiškas skaičiavimas 302

VIII. Didžiųjų angų tiltai 321

81. Balkiniai tiltai 321
82. Rėminiai tiltai 353
83. Arkiniai tiltai 376
84. Didžiųjų arkų skaičiavimas 379
85. Arkų formos parinkimas ir svarbiausiųjų dydžių nustatymas 387
86. Arkinių tiltų konstrukcijos 404
87. Atraminės dalys 430
88. Turėkliai 437
24 pagalbinės tiltų angoms skaičiuoti lentelės 440—464

Autoriaus žodis.

Šis vadovėlis yra „Sauskelių" II-sios dalies antrasis ir paskutinysis skyrius. Jis skirtas tiltų technikams, meistrams, dešimtininkams ir tos srities praktikantams. Betgi galėtų nemaža teoriškų ir praktiškų žinių iš jo pasisemti ir jaunieji inžinieriai.

Norėdamas duoti praktišką vadovėlį, papildžiau jį kai kuriomis tampriai su tiltų statyba susijusių dalykų žiniomis, kurių dažnai tenka ieškoti svetimų valstybių literatūroje.

Vadovėlis gelžbetoninių tiltų technikams negali būti, bent šiuo metu, pilnai nustatytos programos. Šioje srityje didelės reikšmės turi paruošimas iš matematikos, medžiagų atsparumo ir statybos statikos.

Mūsų technikams tenka daug rodyti savarankiškumo, tad jiems būtinai reikalingas platesnių žinių kompleksas.

Rašydamas šį vadovėlį turėjau galvoje, kad skaitytojai jau yra pakankamai susipažinę su matematika, statybos statika ir gelžbetoninių konstrukcijų pradais, tad čia daviau tiek statybos statikos žinių, kiek tai reikia iliustruoti skaičiavimo pavyzdžiais gelžbetoninių tiltų teoriją ir konstruavimą ir pagrįsti jomis apytikrias formules tiltų dalių išmieroms parengiamai užsiduoti (sustatinėjant eskizą).

Labai svarbu, studijuojant tiltus, išnagrinėti jų skaičiavimo pavyzdžius. Tokie pavyzdžiai paaiškina, kaip, atskirais atsitikimais, turi būti taikoma teorija. Be to, visapusiškas tilto konstrukcijos skaičiavimo pavyzdys duoda paruoštą skaičiuotės schemą. Tatai labai svarbu jauniems projektuotojams.

Šis vadovėlis neskiriamas gelžbetoninių tiltų specialistams statytojams, jis tėra vadinamas mažas kursas ir teduoda tiek teorinį, tiek praktišką vaizdų supratimą, kad galėtų būti rankvedžiu paprasčiausiam projektavimui.

Vadovėlį stengiausi parašyti tokį, kuris daugiausiai tiktų Lietuvos sąlygoms. Ne viskas, kas svetimų valstybių mokyklose dėstoma ir techniškoje literatūroje traktuojama, taikintina Lietuvoje.

Tais sumetimais vaduodamasis aprašiau daug Lietuvoje pastatytų tiltų, kurie gali būti vietinių sąlygų solucijos pavyzdžiais. Iš svetimų valstybių tepaėmiau tinkamesnių mūsų kraštui konstrukcijų tiltus.

Neturėdamas lietuvių kalba išleistų gelžbetoninių tiltų vadovėlių, kurie galėtų būti pavyzdžiu ir duoti terminologiją, sunku buvo paruošti šį vadovėlį, tad galimas daiktas, kad jame gali rastis taisytinų vietų. Patsai negalėdamas spręsti apie savo vadovėlį ir jo trūkumus, laukiu dabar gerbiamųjų kolegų pastabų.

Šia proga reiškiu nuoširdžią padėką tiltų skyriaus vyresniajam inžinieriui L. Babūnui, padėjusiam man paruošti „Sauskelių" II-sios dalies II-jį skyrių.

Vadovėliui esu panaudojęs šiuos šaltinius:

Prof. Saliger „Eisenbeton", 1928 m.

Prof. Mörsch „Eisenbetonbau" VI Auflage 1923 m.

Handbuch für Eisenbeton III Auflage 1921 — 1929 m.

Prof. Melan „Der Brückenbau" II Band, 1924 m.

Löser „Bemessungsverfahren", 1927 m.

Prof. Gehler „Der Rahmen", 1925 m.

Prof. Probst „Vorlesungen über Eisenbeton", 1922 m.

Beton Kalender.

Ir kita paskutinė vokiečių literatūra ir laikraščiai:

„Beton und Eisen" ir „Die Bautechnik".

Kaunas, 1930 — Vytauto Didžiojo — m. gruodžio mėn. 18 d.

Inž. J. Gabrys.

I. Bendros žinios

1. Tiltų reikšmė ir rūšys

Tilto sąvoka. Tiltu vadinamas pastatas, kuris tiesia nenutraukiamą kelią per vandens tekmę, kanalą, upę ir kitokias kliūtis.

Jei tiltas perdengia sausą daubą, siaurą slėnį ar kitokį kelią, tai jis vadinamas *viaduku*. Tiltas, kuris praveda per kliūtis vandens tekmę vadinamas *akveduku*. Ilgas, per sausą slėnį pastatytas, tiltas vadinamas *estakada*. Tiltai, įtaisyti po pylimais skylės pavidalo, vadinami *vamzdžiais*.

Tiltų reikšmė. Įžymaus anglų istoriko Makolejo žodžiais, daugiausiai įtakos kultūrai kelti turėjo tie išradimai, kurie padėjo sutrumpinti atstumus. Prie tokių išradimų priskaitomi tiltai, be kurių susisiekimo kelių plėtimas būtų visai neįmanomas. Tačiau praslinko keliolika šimtmečių, kol tiltų statyba pasiekė šių dienų technikos tobulumo.

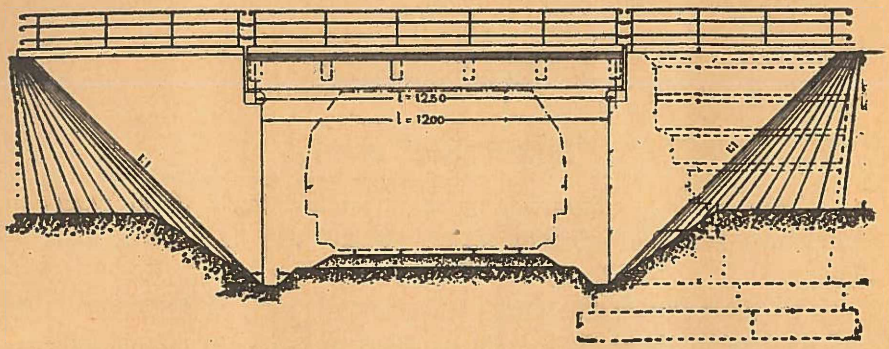
Tiltų statyba taip lėtai plėtėsi dėl to, kad ilgai nebuvo tinkamai pagrįstos tiltų teorijos. Tiktai XIX šimtmetyje, vadinamajame geležies, garo ir elektros amžiuje, pradėjo smarkiau plėstis tiltų teorija ir jų statyba. Per paskutiniuosius 60 metų tiltų teorija ir praktika pažengė priekin žymiai daugiau, negu per visus praėjusius šimtmečius ir net tūkstančius metų. Dabarties metu tiltai yra vaizdžiausi ir gražiausi inžinerijos kūrybos padarai.

Tiltų rūšys. Pagal vartojamą medžiagą tiltai skirstomi į:

1. geležinius (plieninius),
2. medinius,
3. akmeninius ir
4. betoninius ir gelžbetoninius.

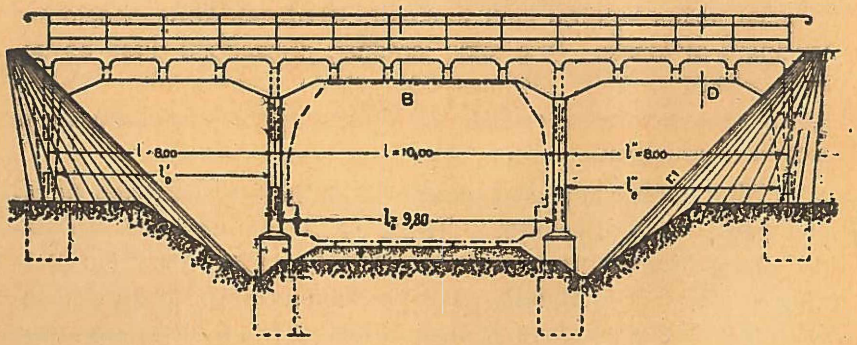
Žiūrint susisiekimo pobudžio, tiltai suskirstomi į keletą kategorijų, kaip antai:

1. pėstiems,
2. geležinkelių ir
3. sauskelių.



1 brėž.

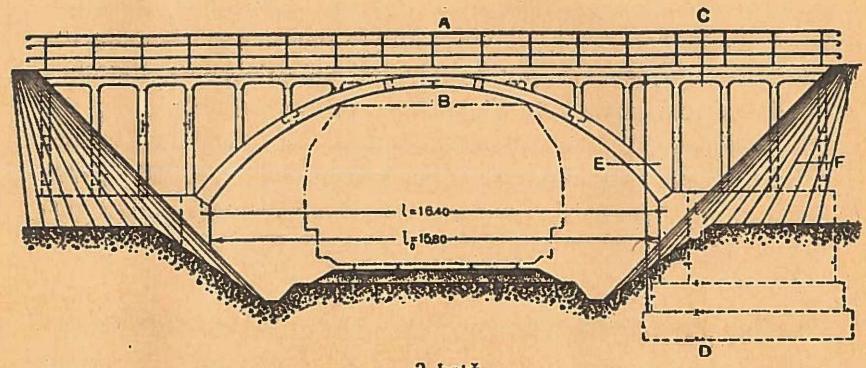
Betoniniai ir gelžbetoniniai tiltai esti šių sistemų: a) *balkiniai* (1 brėž.), b) *rėminiai* (2 brėž.), ir c) *arkiniai* (3 brėž.).



2 brėž.

Sudėtinės tilto dalys. Kiekvienas tiltas yra sudėtas iš spraginių dalių ir atramų. Spraginės dalys palaiko kelią ore ir perduoda paslankiųjų krūvių spaudimą atramoms, o atramos tą spaudimą perduoda gruntui. Jei yra dvi atramos, tai tiltas esti vienos angos. Jei yra tarpinių atramų — daug spragų, tai krantinės atramos vadinamos *ramtais*, tarpinės — *taurais*.

Tarp vienos angos tilto vidujinių ramtų sienelių atstumas vadinamas tilto *šviesangiu* (šviesioji anga); jei tilte daug spragų, šviesangiu vadinama tarp atskirų atramų sienelių nuotolių suma. 1 brėž. parodytas šviesangis $l_0 = 12.00$ m.*)



3 brėž.

Tiltų skaičiavimui didelės reikšmės turi vadinamoji *skaičiuojamoji anga* (vienos angos tilte, pav. $l = 10{,}0$ m, 2 brėž.) arba daugspraginiame tilte skaičiuojamųjų spragų ilgiai, vadinasi, tarp atramų ašių atstumai. Tuo būdu laisvas tarpas $l_0 + l'_0 + l''_0$ (2 brėž.) vadinamas tilto šviesiąja anga arba tiesiog tilto anga, l, l', l'' — skaičiuojamos spragos (terpės).

2. Gelžbetoninių tiltų ypatybės

Pasirodžius gelžbetoniui, gana greit visur paplito gelžbetoniniai tiltai. Pirmieji skaičiuotės sunkumai, kurie yra kilę dėl standžių (ne šarnyrinių) strypų sujungimų gelžbetoninėse konstrukcijose greit tapo nugalėti. Jie daug padėjo statybos statikos mokslui plėstis. Nuo tų laikų yra daug pastatyta didelių ir gražios išvaizdos pastatų.

Dabar ilgametė praktika duoda galimumo daug tiksliau išnaudoti gelžbetonį. Gelžbetonis — geležine armatūra sustiprintas betonas. Cementas ir geležis yra rinkos medžiagos ir jų visada lengva gauti. Smėlio ir žvyro dažniausiai gaunama arti statybos vietos. Gelžbetoniniai tiltai greit statomi; jų statyboje daugiausiai laiko užima pastolių ir klojinių pagaminimas.

---

* Brėžiny klaidingai pažymėta l.

Gelžbetoniniai tiltai atsparūs smūgiams, gaisrui, audroms, potvyniams. Be to, jie daug pigiau, negu kiti, išlaikomi. Jų visos išlaidos, tai pakeisti grindinį ir patikrinti dalis, tuo tarpu, kai geležinius tiltus reikia tam tikru laiku perdažinėti, tikrinti ir net keisti kniedes. Gelžbetoniniai tiltai neabejojamai ilgiau laiko už geležinius. Be to, jie turi dar tą ypatybę, kad juo senesnis gelžbetonis, tuo jis tvirtesnis. Jų savasis svoris, palyginti su geležiniais, didesnis, užtat jie mažiau pasiduoda dinamiškam krūvių veikimui. Jų per vidurį įlinkimas esti žymiai mažesnis, negu geležinių tiltų. Gelžbetoniniai tiltai yra naudingi dar ir tuo, kad jų statybai didžiąją medžiagos dalį galima gauti savo krašte. Iš gelžbetonio galima pastatyti įvairių architekturinių formų pastatų, prisitaikant prie gamtos sąlygų.

Ypatingos reikšmės turi atliekamų darbų kokybė. Tad gelžbetoninius tiltus galima pavesti statyti tik tiems statytojams, kurie gerai nusimano statyboje ir turi atitinkamą techninį personalą. Daugiausiai galima apsisaugoti nuo nelaimingų atsitikimų, kai tiltų statybai yra vartojama, kiek galima, geresnių rūšių medžiaga.

Dažnai statiškas apskaičiavimas suprastinamas, bet užtat reikia stropiai prižiūrėti statybą. Jei statomas medinis, geležinis arba akmeninis tiltas, tai visada galima patikrinti darbus ir, jei reikia, ištaisyti, pav.: silpnai sukniedytą, netinkamai išmūrytą ir t.t. Gelžbetoninį tiltą statant betonas pilamas į standžias formas, greit sukietėja, tad ištaisyti blogai atliktą darbą arba ką nors pakeisti nebegalima.

3. Gelžbetoninių tiltų konstrukcijos

Senesnių kultūringų tautų pagrindinė masyvinė tiltų forma, be akmeninių perdengimų, buvo skliautas arba lankas. Tik ką išradus gelžbetonį, be tolimesnio skliautinių tiltų plėtimo, atsirado ir masyviniai balkiniai tiltai; jie daugiausiai buvo statomi lygumose.

Pirmąjį patentą vartoti gelžbetoninę konstrukciją gavo 1867 m. sodininkas Monier, o jau 1873 m. jis paėmė patentą gelžbetoniniams tiltams. Geležinės armatūros pamatan jis padėjo strypų tinklelį; didelėms spragoms arba krūviams jis pataria dėti keletą eilių tinklelio. 1875 m. Francūzijoje buvo pastatytas minimos sistemos pėstiems pereiti gelžbetoninis tiltas 16 m ilgumo. Tad

gelžbetoninių tiltų istorijoje jau sukako 55 m. kaip statomi tokie tiltai.

Dabartiniu metu arkų sistemos tiltai yra pastatyti net ligi 130 m, o balkių — iki 40 m angos.

Gelžbetoniniai tiltai dėl savo ypatybių užima pereinamąją tarp akmeninių ir geležinių padėtį. Jie mažiau masyvūs ir mažiau gali išstovėti už pirmuosius. Be to, jie, kaip ir akmeniniai tiltai, yra pigiai išlaikomi ir tinkamesni nenutraukiamo susisiekimo atžvilgiu. Jie daug'au jaučia krūvių smūgius, tačiau vis dėlto mažiau, negu geležiniai. Jie esti įvairių konstrukcijų, lengviau pritaikomi vietos sąlygoms ir dėl to, bendrai, jie daugiau statomi, negu akmeniniai tiltai, bet, žinoma, geležinių tiltų yra platesnė pritaikymo sritis.

Gelžbetoniniai tiltai statybos kaina sėkmingai konkuruoja su geležiniais.

Plentuose, kai darbus veda nedidelė organizacija, dažniausiai statomi gelžbetoniniai tiltai, nes vietoje veik visada galima gauti smėlio, žvyro ir kt., be to, betonavimo darbai yra tiek paprasti, kad jiems nereikia kvalifikuotų meisterių, o svarbu tiktai stropiai techniškai prižiūrėti.

Gelžbetoninių tiltų atsparumas pareina nuo vartojamos medžiagos rūšies ir stropaus darbų atlikimo, kas labai sunku įvertinti projektuojant. Dėl šios aplinkybės, taip pat dėl papildomų įtempimų, atsirandančių dėl bendro betono ir geležies statiško veikimo, kurie iš anksto negali būti išskaičiuoti, taip pat dėl pasireiškiančiųjų betonui kietėjant plyšių, reikia labai atsargiai juos projektuoti, ypač, kai projektuojama vidutinių ir didelių angų tiltai.

Paprasčiausia gelžbetoninio tilto forma, tai perdengiamoji plokštė (4 brėž.). Ji dažniausiai taikoma plento mažų angų tiltams. Čia betono dalis, aukščiau neitralios ašies, turi išlaikyti gniužimą, o geležinė armatūra, lygiai išdėstyta pagal plokštės plotį žemiau neitralios ašies — tempimą. Apatinė betono dalis neveikia; ji tiktai suriša geležį su viršutine betono dalimi. Didinant angą, didėja ir plokštės aukštis, taip pat atitinkamai didėja ir neveikiančiojo betono dalis. Naudinga neveikiančiosios plokštės apatinėje zonoje betono dalį išmesti, palikus briaunas (balkius), kurie sustiprinami sutelkta geležine armatūra, (5 brėž.). Tąsyk tenka vartoti sudėtingesnes formas ir klojinius. Gaunamas briau-

nuotas perdengimas, kurį galima laikyti kaip sudėtą iš keliolikos taurinių balkių; viršutinės jų dalys susilieja į vieną plokštę. Kad geriau susirištų geležis su gniužiamu betono sluoksniu, stato stačias vilktis ir arti atramų apatinės armatūros strypus užlenkia į viršų.

Tiltų su važiuojamąja dalimi apačioje šių sijų skaičius sumažinamas iki 2 (6 brėž.), viršutinę sijų dalį tenka susiaurinti ir gniužamąjį betoną sustiprinti armatūra. Tąsyk ištisa sija gaunama labai sunki , tad ji palengvinama trikampiniais ar trapeciniais išpiovimais (7 brėž.). Pirmuoju atsitikimu gaunama paprasta gardinė (trikampio tinklo) forma. Tai speciali geležinė konstrukcija: gelžbetoniui ji retai taikoma, nes labai sunku sudaryti mazgus su aštriais kampais ir sudėtingas formas. Be to, nėra prasmės dėti betoną į fermos tempiamuosius elementus. Sijoje naudingesni tiesiakampiai išpiovimai. Gaunama taip vadinama Virendelio be įstrižainių ferma (7 brėž.); kartais ji taikoma geležiniams tiltams.

Gelžbetoniniai balkiniai tiltai gali būti sudėti iš sukarpytų (2-m atramom) sijų arba ištisų sijų (daugelio atramų), pagaliau konsoliniai (8 ir 9 brėž.). Kad sumažinus lenkiamo momento dydį, yra tikslu išnaudoti lenkimui tilto atramų medžiagą. Tad spragos konstrukcija sujungiama su atramomis į vieną, sudarant rėminę sistemą (10 brėž.). Rėminiai tiltai lengvesni, negu balkiniai ir daugiau tinka plentams per sausus slėnius ir kitas sausas vietas, kur nėra pavojaus, kad ledai gadins plonas atramas. Rėminiai ir balkiniai tiltai gali turėti didžiausią angą apie 40 m.

Toliau didinant angą reikia išnaudoti neveikiantį betoną, kuris guli ištemptoje balkio zonoje. Jei, išlenkus balkio ašį, paversti jį į arką, tai, kaip žinoma, be lenkiamo momento atsiras ir išilginė jėga, tad medžiaga turės atsispirti nelygiai paskirstytam gniužimui. Jei, esant bet kuriai krūvio padėčiai, spaudimo kreivoji neišeina iš piūvio branduolio, tai arkoje tempiamųjų įtempimų nebus, tąsyk ji gali būti pagaminta iš vieno (be geležies) betono. Arkoms dedama geležis tam, kad sumažinus betono kiekį, atlaikius temperatūros traukiamuosius įtempimus, taip pat, jei arkos ašis išvesta ne pagal spaudimo kreivąją, nes dėl to atsiranda žymūs traukiamieji įtempimai. Geležis dedama dvigubos armatūros pavidalo: skliauto viršuje ir apačioje. Arkų gelžbetoninių tiltų konstrukcija įvairi, kaip ir balkinių: ištisi skliautai atitinka ištisas plokštes (11 brėž.), toliau eina briaunuotieji (12 brėž.). Paprastų briaunuo-

4 brėž.

5 brėž.

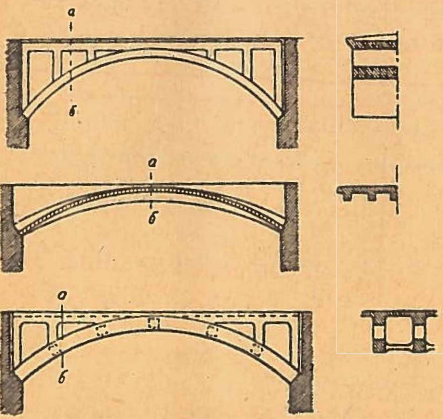
6 brėž.

7 brėž.

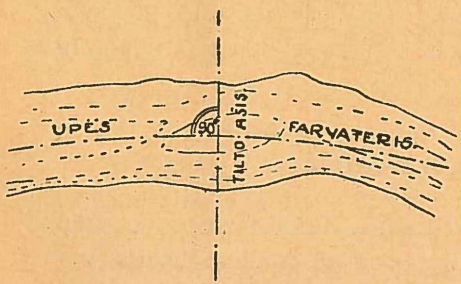
8 brėž.

9 brėž.

10 brėž.

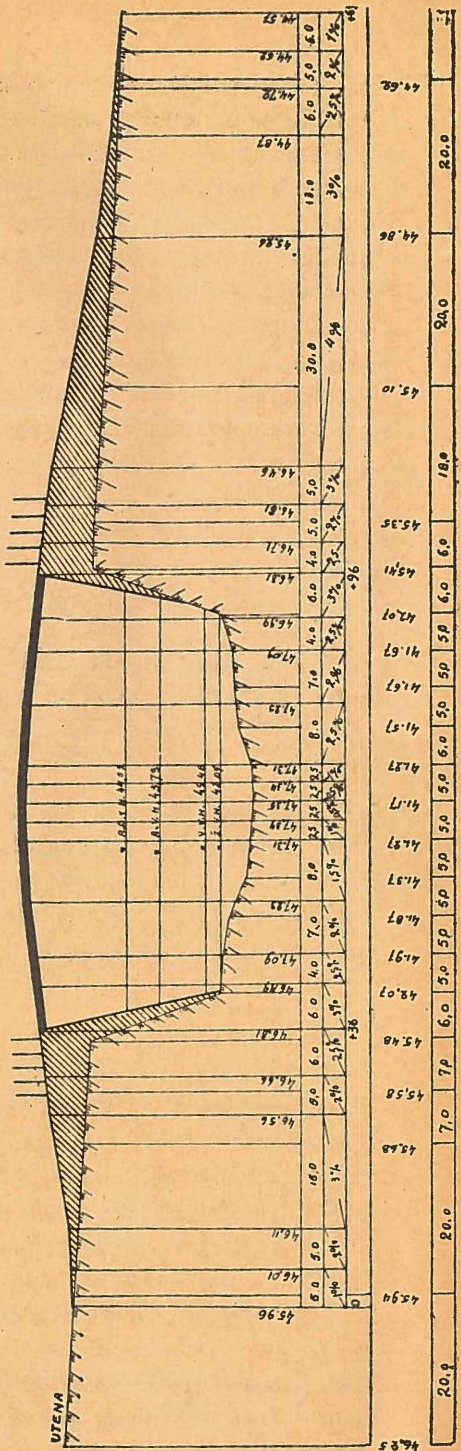


11, 12 ir 13 brėž.



14 brėž. dešinėje 15 brėž.

JŠILGINIS PROFILIS



tų balkių lenkiamas momentas visada esti teigiamas, tad esama virš briaunų plokštė visada veikia gniužimui. Viršuskliausčio arkų momentas dažniausiai teigiamas: tad plokštė dedama viršuje; skliauto pade, dažniausiai, jis neigiamas ir plokštę reikia dėti apačioje (12 brėž.). Tačiau, kai esti įvairioje padėtyje laikini (paslankūs) krūviai, tąsyk lenkiamas momentas keičia ne tik dydį, bet ir ženklą, ir plokštė patenka į tempiamąją zoną. Tada jos medžiaga nevisada išnaudojama. Dėl to, arkoms plokštė taikoma, dažniausiai, krūviams perduoti ir tampriam ryšiui tarp briaunų palaikyti. Kai esti gardinis viršskliautinis statinys, tąsyk krūvis gali būti perduodamas atskirais statramsčiais; tarp briaunų ryšį galima palaikyti atskirais padėkliais; tąsyk plokštė neturi reikšmės ir ji pašalinama. Gaunamas tiltas su atskiromis arkomis (13 brėž.).

4. Tiltų padėtis

Pageidaujama, kad tilto ašies kryptis visada būtų statmena upės farvateriui ir pavasario vandens tekėjimo krypčiai (14 brėž.). Dėl to, kartais, tenka duoti keliui kitą ašį arba nustatyti kitą upės kryptį.

Kai žemi upės krantai arba žemas kelias, tada reikia žiūrėti, kad tarp A. V. H. ir spraginės dalies apačios būtų ne mažiau kaip 0,50 m; per plukdomasias upes ne mažiau kaip 1,0 m. Tokiais atsitikimais visada reikia supilti prie tilto privažiuoti pylimus. Pylimus reikia pilti pakankamo ilgumo ir taip, kad jie turėtų ne didesnį kaip 4% nuolydį ir būtų nuolaidžiai išvesti į žemės paviršių (15 brėž.).

Miestuose ir tose vietose, kur yra išvestas kelias, tilto kryptis nustatoma pagal esamą kelią. Bet kur dar kelias projektuojamas, ten tiltui vietą reikia parinkti, atsižiūrint jo kainos ir numatomo eismo intensyvumo. Tiltui patogesnė vieta esti ten, kur gaunami mažesni tarp ramtų tarpai, žemesni ramtai ir taurai, trumpesni privažiuojami pylimai.

5. Parengiamieji darbai

Parinkus tilto ašį, reikia atlikti šiuos darbus: nustatyti tiltui suprojektuoti baseiną, apskaičiuoti maksimalų vandens debitą, pa-

ruošti situacijos planą su išilginiais ir skersiniais profiliais, atlikti gręžimus. Mažų tiltų baseinas nustatomas vietoje, o didelių pagal planą izogipsėmis su nustatytomis takoskiromis. Mažiems tiltams situacijos planas nuimamas goniometru, o dideliems — teodolitu ir niveliru. Sudarant situacijos planą reikia parinkti bazę, nuo kurios galima būtų nuimti visą poligoną. Situacijos plane reikia smulkiai nurodyti: arti tilto ašies esamus kelius ir namus, kalnus (izogipsėmis), tvenkinius ir kt. Dideliems tiltams situacijos planą reikia nuimti ne mažiau kaip per 200 m. į abi puses nuo tilto ašies (žiūr. S, II, I skyrius, 370 pusl.).

Jei vietoje, kur nuimamas situacijos planas, nėra reperio, tai tąsyk reikia pastatyti pastovų reperį; jis ir jo aukštis pažymimas plane.

Tiltą projektuojant reikia priimti dėmesin šiuos vandens horizontus: a) *aukščiausią;* nuo jo dažniausiai pareina statomojo tilto aukštis, b) *aukščiausią navigacijos* ar plukdymo sezono, c) *vidutinį vasaros;* jis labai svarbus darbams atlikti ir d) *žemiausią;* jis svarbus tilto poliams ir špunto sienoms sukalti.

Vasaros žemiausias ir pavasario aukščiausias vandens horizontai nustatomi tik pagal ilgų tyrinėjimų davinius, nes kitaip klaidingai nurodyti horizontai gali pakenkti tiltui.

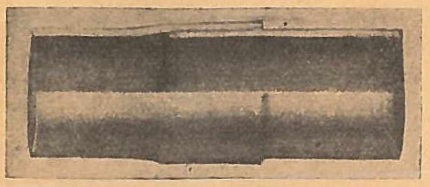
Nuėmus upės po tiltu profilius, reikia nuimti aukščiau ir žemiau tilto ir minimalius profilius per 100 m nuo tilto. Be to, reikia surinkti davinius apie vandens greitį ir nuolydį, kai esti aukščiausias vandens horizontas, ledo storumą ir jo ėjimo kryptį.

16 brėž. yra nurodytas pavyzdingas mažiems tiltams tyrinėjimų sudarymas.

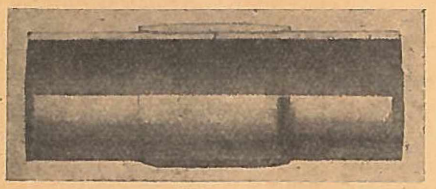
Grunto gręžimai turi būti atlikti labai atidžiai ir sąžiningai. Jei numatoma statyti taurus upėje, tai tąsyk reikia atlikti gręžimus ir upėje. Jei statomas mažas tiltas, tai pakanka ištirti gruntą, iškasus šulinius, smeigtuvais. Smeigtuvai pagaminami iš 20-30 mm storumo ir 2 - 4 m ilgumo apvalios geležies. Jų vienas galas nusmailinamas, o kitame padaroma skylė, į kurią įkišama medinė rankena. Smeigtuvas įsmeigiamas į gruntą. Pagal smeigtuvo smigimo šiurkštumą ir kriukšdėjimą nustatoma grunto sluogsniavimas ir padėtis.

Smeigtuvu galima ištirti gruntą tik apytikriai, tad, kad gavus tikslesnių davinių, reikia gręžti grąžtu. Gruntas gręžiamas vamzdžiuose. Vamzdžiai turi būti ne plonesni kaip 10 cm skers-

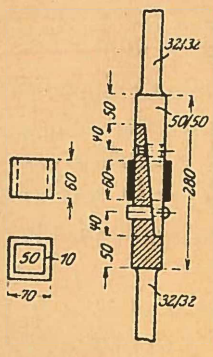
mens. Grąžtas vamzdyje turi turėti iš abiejų pusių 15 - 20 mm laisvą tarpą. Vamzdžių vidus turi būti visur lygus. Vamzdžiai suduriami, įnėrus vieną galą į kito, kiek platesnio, vamzdžio galą (17, 17 a brėž.). Gręžiant vamzdis smunka žemyn. Grąžto



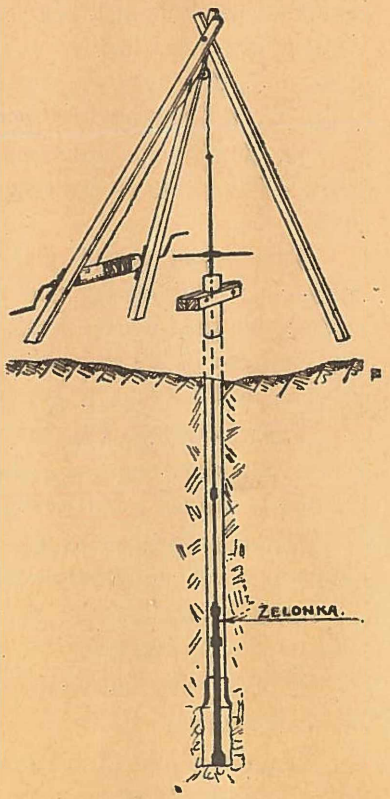
17 brėž.



17 a brėž.



18 brėž.



19 brėž.

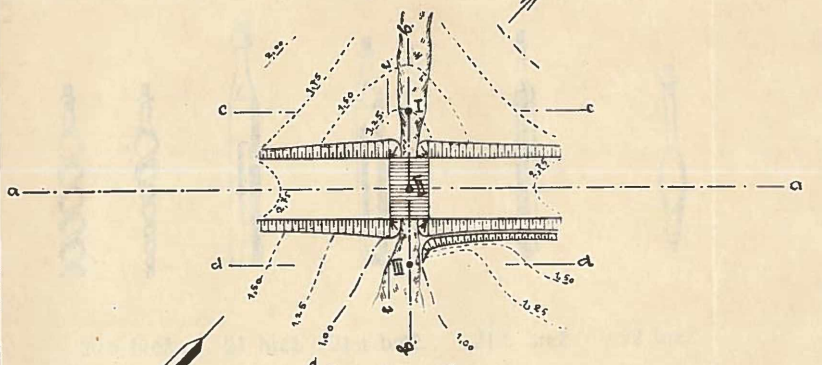
strypai esti pagaminti iš keturkampinės geležies ir taip, kad kiekvienam aukštyje galima būtų pritaisyti rankeną grąžtui sukti. Strypai sujungiami arba sutvirtinami apkaba (18 brėž.). Visi strypai kartu su grąžtu pakeliami ir nuleidžiami plieninu per bloką pernertu lynu gervės pagalba. Blokas pakabinamas ožio (trikojo) viršuje, o gervė pritvirtinama tarp ožio kojų (19 brėž.) Yra įvairaus pavidalo grąžtų, būtent: spiralinių, brėž. 20, 20a, cilindrinių brėž. 21, 21a, šaukštinių brėž. 22, ir su vožtuvu (dangteliu, 23

..... kelių rajonas.

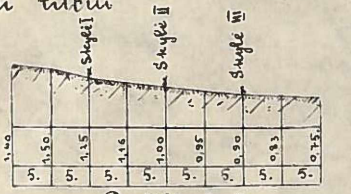
..... — ..... plentų ruožas

Tyrinejimo daviniai tiltui

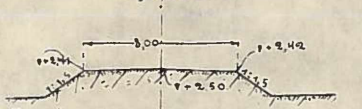
..... Nr.



Situacijos planas

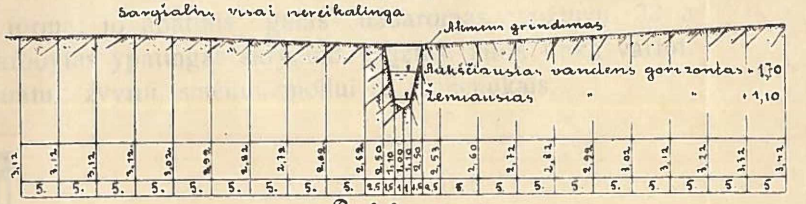


Profilis b - b.



Plento skerspiūvis e - e.

Sargialių visai nereikalinga



Profilis a - a

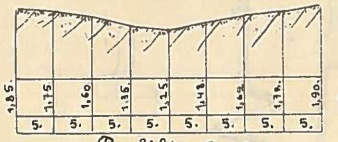
Mastai:

Situacijos planui: 1:500
Profilams: gorizont.: 1:500
vertik.: 1:100
Plento skerspiuviui: 1:200

Bendra išvaizda:

Apie ½ km nuo tilto kalnai ir miškas.

Apvažiavimui reikalingas 3 m. kairin. diltas



Profilis c - c

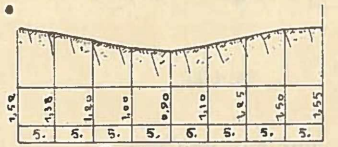
Baseino plotas = 3,2 km².

Vandens greitumas = 0,25 m/sek (prie A.V.G.)

Stygis I: Gružas: iki + - 1,0 + durpė,
Stygis II ir III tas pats. " + - 1,8 + žvyras
" + - 3,0 + uolėtas molis

} Priedas žemės grėžimo daviniai

Prie šio pristatomi senos tilto braižiniai

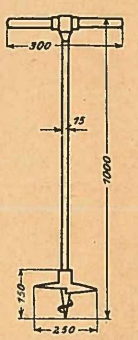


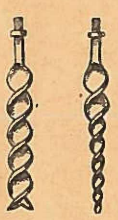
Profilis d - d

Sudarė (parašas)

192 m..... mėn. .... d.

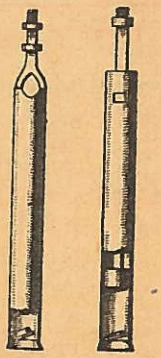
brėž.). Daugiausiai vartojamas grąžtas su vožtuvu. Visų labiau jis tinka šlapiam smėlėtam ir žvyriniam gruntams, nes jis išima gruntą tokioje padėtyje, kokioje jis esti susiklostęs. Šis grąžtas turi

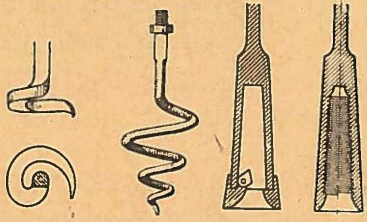




20 brėž. 20 a brėž. 21 brėž. 21 a brėž. 21 b brėž. 22 brėž.

cilindrio formą; jo apatinis galas uždaromas vožtuvu. 23 a brėžiny parodytas ypatingas skryninis grąžtas, kuris tinka vartoti puriam gruntui: žvyrui, smėliui, moliui su akmenukais.

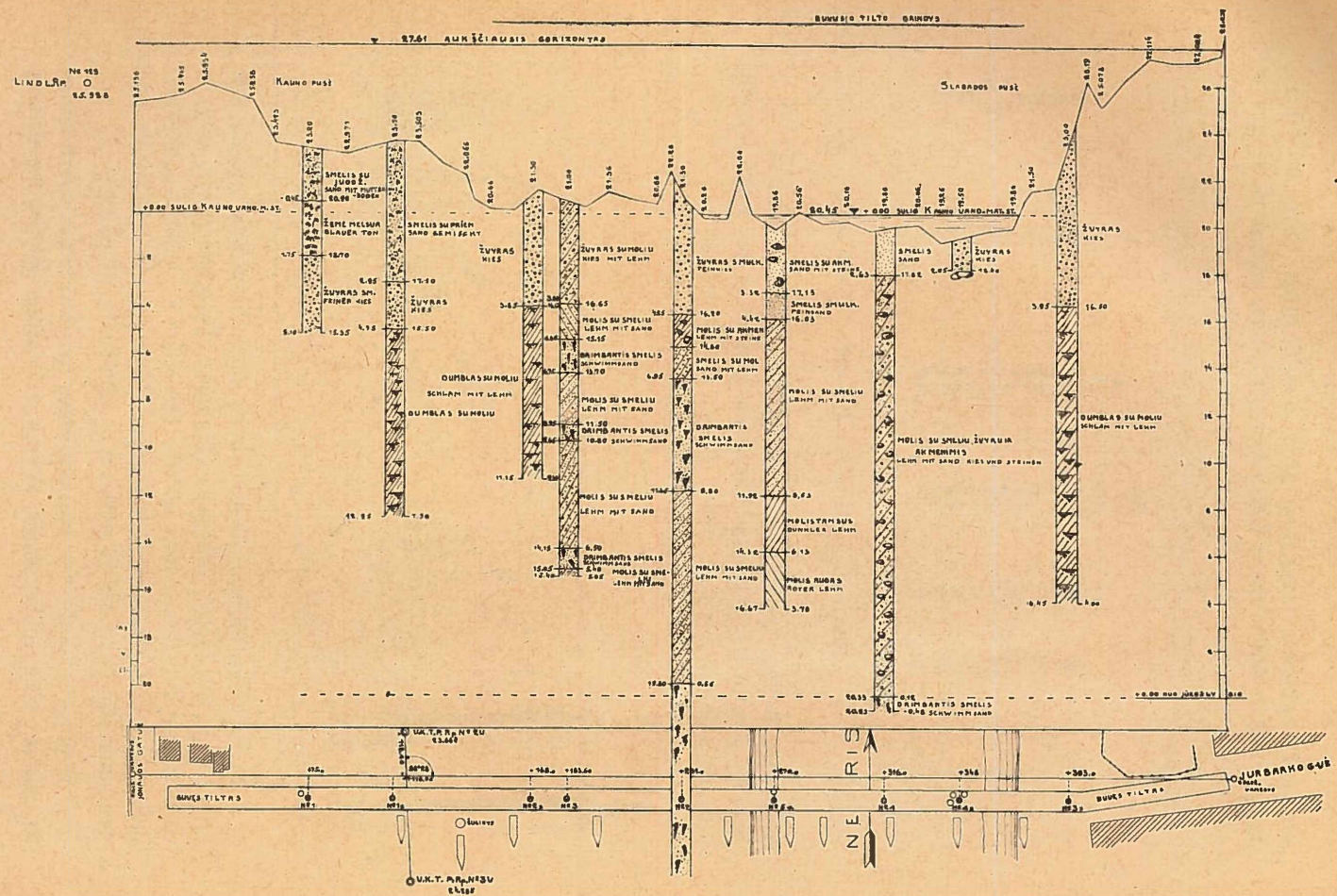




23 brėž. 23 a brėž. 24 brėž.

24 brėž. atvaizduoti vamzdžiuose užsikabinusioms grąžtų dalims ištraukti įrankiai, vadinami gaudikliai. Išgręžto grunto pavyzdžiai saugojami tam tikroje dėžėje, sudedant į atskirus skyrius, arba aukštame stikliniam cilinderyje. Prie kiekvieno skyriaus pažymimas išgręžtos skylės numeris ir sluoksnio gilumas.

Reikia gręžti tol, kol bus pasiektas geras gruntas. Geru gruntu laikoma uola, kietas molis, žvyras ir stambus smėlis. Šie gruntų


BUVUSIO TILTO GRINDYS
27.61 AUKŠČIAUSIS GORIZONTAS
LINDLAP
KAUNO PUSĖ
SLABADOS PUSĖ
+0.00 SULIG KAUNO VAND. M. ST.
ŽEME MELSVA BLAUER TON
SMELIS SU PRIEM SAND GEMISCHT
ŽVYRAS KIES
ŽVYRAS SM. FEINER KIES
DUMBLAS SU MOLIU
SCHLAM MIT LEHM
ŽVYRAS SU MOLIU KIES MIT LEHM
MOLIS SU SMELIU LEHM MIT SAND
DRIMBANTIS SMELIS SCHWIMMSAND
ŽVYRAS SMULK. FEINKIES
SMELIS SU AKM. SAND MIT STEINE
SMELIS SMULK. FEINSAND
MOLIS SU AKMEN LEHM MIT STEINE
SMELIS SU MOL SAND MIT LEHM
MOLIS SU SMELIU LEHM MIT SAND
DRIMBANTIS SMELIS SCHWIMMSAND
MOLISTAMSUS DUNKLER LEHM
MOLIS RUDAS ROTER LEHM
SMELIS SAND
ŽVYRAS KIES
MOLIS SU SMELIU ŽVYRUIA AKMENIMIS LEHM MIT SAND KIES UND STEINEN
DUMBLAS SU MOLIU SCHLAM MIT LEHM
+0.00 RUO JŪRŲ LY
BUVES TILTAS
JURBARKO GUĖ
NERIS

25 brėž.

sluoksniai turi turėti ne mažiau kaip 4-5 m storumo; 25 brėž. parodytas pavyzdys gręžimų prie Petro Vileišio tilto per Nerį Kaune.

II. Tiltų angų skaičiavimas.

6. Bendrieji dėsniai.

Tikslus ir nuosakus tiltų projektavimas yra vienas svarbiausių tyrinėtojo ir projektuotojo uždavinių. Per dideli tiltų dydžiai žymiai pabrangina sauskelių statybos kainą, per maži gi dėl tilto paplovimo gali iššaukti katastrofų.

Kiekvienas tyrinėtojas turi: a) tinkamai parinkti tiltui vietą, b) surinkti visus tiltų reikiamiems ir pakankamiems dydžiams nustatyti davinius ir c) tiksliai apskaičiuoti jų angas.

Vamzdžio anga vadinamas: a) didžiausias tarp jo sienelių šviesoje atstumas, kai statkertinis, pusapvalis, parabolinis ir t. t. piūvis ir b) jo skersmuo, kai apvalas piūvis.

Tilto anga turi būti apskaičiuota didžiausiam esamos tekmės debitui (m^3/sek),vadinasi didžiausiam vandens kiekiui, kuris bus esamoje tekmėje, praleisti. Tad apskaičiuojant angą reikia būtinai nustatyti didžiausią galimą vandens debitą, kurį gali duoti perkertama vandens tekmė. Šito debito dydis pareina nuo visos eilės veiksnių, kaip antai: nuo kritulių kiekio ir jų intensyvumo, nuo baseino ploto, pamatinio slėnio ir jo intakų nuolydžio, ilgio, pločio ir nuo dirvos savybių, baseinų konfiguracijos ir t. t.

Kadangi šitų veiksnių įtaka į debito dydį, pareinamai nuo vietos sąlygos, žymiai varijoja, tai išvesti tikslią bendrą debitui apskaičiuoti formulę negalima, nes kartais didžiausias debitas gaunamas nuo liūčių, kartais — nuo pavasario vandenų.

Pavasario aukšti vandenys tęsiasi gana ilgai, tad galima pakankamai tiksliai tėmyti, smarkūs gi lietūs lyja labai trumpą laiką, pasireiškia netikėtai ir, palyginti, retai. Todėl liūčių vandens tėmijimas gana keblus dalykas; šis klausimas dar ir dabar nėra pakankamai išspręstas.

Visa eilė tėmijimų rodo, kad, dažniausia, slėniai, daubos ir pertakai su baseino plotu ligi 60 km^2 duoda didžiausį vandens kiekį per laiko vienetą liučių metu; jei baseino plotas didesnis, negu 60 km^2, tasyk didžiausias debitas gaunamas pavasarį.

Nors šis dėsnis ir ne visai tikslus, bet, bendrai, duoda gana patenkinamų rezultatų ir, kol nėra nustatyta tikslesnės atskiriems ra-

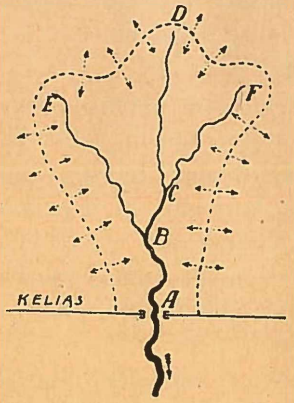
jonams gradacijos, juo vadovaujamasi. Kai esti ypatingos vietos sąlygos, iššaukią rimto pavojaus, tąsyk reikia patikrinti tiek pavasario, tiek liūčių vandens debitą ir imti didžiausią angai dydį.

Tad vaduojantis aukščiau išdėstytais samprotavimais, tiltų angos, kai perkertamos upės, kurių baseinas (aukščiau tilto) ne didesnis kaip 60 km², apskaičiuojamos liūčių vandenims, o kai didesnis baseinas — pavasario vandenims.

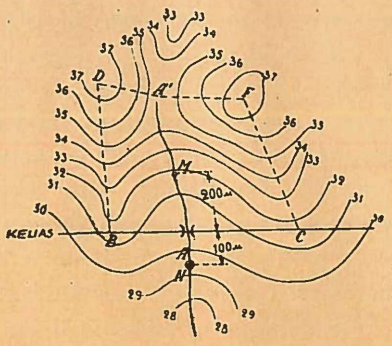
7. Prie tilto pritekamo vandens kiekio nustatymas.

Baseino vandens tekėjimas. Žemės paviršiaus dalis, nuo kurios vanduo gali nutekėti prie tilto vadinama *tilto baseinu.*

Iš vienos pusės baseinas esti apibrėžtas keliu, iš kitos — vandenį skiriama linija arba takoskira (26 brėž.). Lietaus vanduo te-



26 brėž.



27 brėž.

ka baseino šlaitas į jo talvegą (žemiausia slėnio linija) ABCD. Slėniu vanduo bėga į žemesnį baseino tašką A; tokiam taške arba šalia jo esti tiltas. Be centrinio arba pagrindinio talvego ABCD baseinas dar turi ir antraeilių talvegų (BE, CF), iš kurių vanduo subėga į centrinį talvegą. Kad galima būtų nustatyti tiltui angą, reikia žinoti kiek vandens gali atbėgti per laiko vienetą iš baseino, arba, kitaip sakant, koks vandens debitas. Paprastai, debitui nustatyti laiko vienetu imama sekundė. Daugiausia baseino vandens priteka smarkiai lyjant arba sniegui tirpstant.

Baseinų matavimas. Matuojant baseinus nustatoma: a) baseino plotas F, b) baseino ilgis L, c) vidutinis išilginis baseino nuolydis i, d) išilginis baseino prie tilto nuolydis i'. Jei yra tiks-

lus izogipsėmis žemėlapis, tai visus šituos elementus galima nustatyti pagal jį. Kai maži baseinai (1 km ir trumpesni), geriau juos nustatyti vietoje. Reikia pastebėti, kad baseino ilgį reikia imti pagal talvegą nuo būsimojo tilto vietos ligi baseino ribos, tikriau sakant, ligi takoskiros.

Sakysim, kad tiltas turi stovėti taške A, tad linija AA′ parodo talvegą (27 brėž.). Paimsime ant kelio linijos tokius taškus B ir C, kurie priklauso takoskirai. Pradėsime nuotrauką eidami nuo vietos taškų B arba C, pav., nuo B ir ieškodami apylinkėje takoskiras, vadinasi, geometriškas vietas taškų, kurie turi tokias pat savybes, kaip taškai B ir C: takoskiros linija BDA′FC yra tokia, kad iš vienos jos pusės vanduo teka link tilto, o iš kitos — į šalį, be to, takoskira būtinai prieis prie taško C. Atskirų kraštinių BD, DA′, A′F.... ilgis išmatuojamas juosta arba grandiniu; kampai prie B, D, A′.... goniometru. Matuojant baseiną apėjimu kraštinės BD, DA′ ir t. t. takoskirą atitinka ne visai tiksliai, nes jų kryptis imama iš akies. Tikslesnę takoskirą galima surasti pagal izogipsėmis žemėlapį. Nubraižytas mastu baseino plotas suskirstomas į trikampius ar trapecijas ir grafiškai išskaičiuojamas arba išmatuojamas planimetru. Pagal liniją AA′ galima atlikti neviluotę ir nustačius taškų A ir A′ altitudžių skirtumą padalyti jį iš linijos AA′ ilgio, tada surasim vidutinį baseino nuolydį.

Vidutiniam baseino nuolydžiui nustatyti yra tikslesnis, negu aukščiau nurodytas, toks būdas: išilginis talvego profilis suskirstomas į ruožus vienodu kiekvienam ruože išilginiu nuolydžiu i_n. Jei kiekvieno ruožo plotį pažymėti b_n, o ilgį l_n, tai vidutinis išilginis baseino nuolydis bus:

$$i = \frac{\Sigma b_n l_n i_n}{\Sigma b_n l_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Trupmenos (1) vardiklis savo dydžiu labai artimas baseino F plotui.

Nuolydžio i′ dydžiui nustatyti sužinomos taškų altitudės: M, stovįs 200 m aukščiau taško A ir N — per 100 m žemiau A. Taškų M ir N pažymių skirtumas padalytas iš jų tarpusavio atstumo duoda i′ dydį.

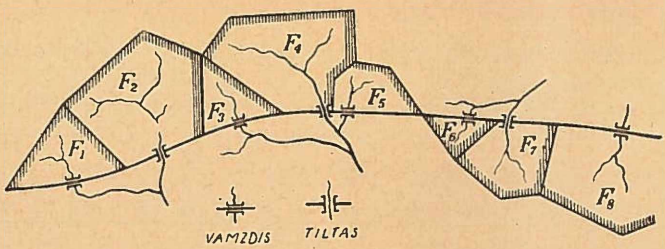
Jei baseinas ilgesnis kaip 1 km, tai jį galima nužymėti pagal žemėlapį (nors ir ne izogipsėmis žemėlapis), suradus apytikriai takoskiros liniją pagal pažymėtas žemėlapyje upes. Tačiau, ba-

seinus, kurių konturai pagal 2 ar 3 kilometrinį žemėlapį ne visai nustatyti, irgi reikia išmatuoti apeinant. Kur mažos upės ir upeliai, ten tašką M reikia imti per 500 m aukščiau pastato, o tašką N — 200 m žemiau jo.

8. Lietaus ir liūčių vandens nutekėjimas.

Hidrologiškų sąlygų pagalba nustatoma paviršiaus ir grunto vandens veikimas į kelio sankasą ir pastatus.

Paviršiaus vandenys ant kelio sankasos ir šlaitų iškrinta netarpinai lietaus ir sniego pavidalo. Patenkantis ant kelio paviršiaus vanduo gali suminkštyti tiek kelio važiuojamąją dalį, tiek ir sankasą po ja; šis vanduo nuleidžiamas padarant išgaubtą sankasą, ją iškeliant pylimu, taip pat šoniniais plentgrioviais. Laisvą vandens žemės paviršiumi nutekėjimą naturaliu būdu užkerta kelio sankasa; vandenys, kurie tokiu būdu patenka ant kelio trasos, vadinami antkalnės vandenimis. Antkalnės vanduo gali užlieti ir išplauti sankasą; šiam vandeniui nuleisti po pylimu visose žemose profilio vietose statomi tiltai ir vamzdžiai. Antkalnės vandeniui rinkti ir jam link pastatų nukreipti išilgai kelio įtaisomi antkalnės grioviai. Visa ši vandens nuleidimo sistema — praleidžiantieji vandenį tiltai ir vamzdžiai, surenkantieji ir nukreipiantieji vandenį šoniniai ir atkalnės grioviai, turi būti taip pastatyti ir apskaičiuoti, kad kiekvienam punkte vandens kiekis, susirinkęs per tam tikrą laiką, arba taip vadinamas vandens debitas būtų praleistas.



28 brėž.

Prie kelio pastatų subėgančio vandens kiekis padidėja proporcingai baseino vandens renkamajam plotui ir ant šio ploto iškrentantiems krituliams. Baseino plotas tiltams ir vamzdžiams apibrėžiamas takoskiros ir kelio linijomis (28 brėž.). Kiekvieno kelio linija, suprantama, rubežiuojasi su gulinčiais iš vienos ir kitos pusės baseinais.

Juo toliau eina trasa nuo takoskiros, tuo didesni šie baseinai ir tuo didesnis kelio pastatais praleidžiamas vandens kiekis. Tiltų ir vamzdžių angų dydis, kad apsaugojus atramas nuo paplovimo, apskaičiuojamas didžiausiam galimam vandens pritekliui.

Liūtimi vadinamas lietus ne mažesnio intensyvumo kaip 0,5 mm per minutę. Didelės jėgos liūtys paprastai neilgai tęsiasi; liūtys intensyvumo 1 mm ir daugiau per minutę retai tęsiasi ilgiau 30 minučių; ypatingos liūtys, pasitaikančios kartą per kelis dešimtmečius, intensyvumu prašoka 2 mm per minutę. Bendrai kalbant kiekvienai geografinei vietai yra tam tikras liūčių periodas. Kreipimas dėmesio į šį apytikrį laikotarpį turi didelės ekonominės reikšmės. Kapitaliniai pastatai, pavyzdžiui plentų betoniniai vamzdžiai arba geležies - betono tiltai, reikia apsaugoti nuo liūčių, pavyzdžiui 30 — 50 metų laikotarpiui. Priešingai, gruntkelio medinis tiltas pakanka apsaugoti nuo liūties, išpuolančios vieną kartą laike 15 metų, nes, jei toks tiltas būtų liūties išneštas (išgriautas), ekonomiškiau pastatyti naują, negu visą pastatą statyti su bereikalinga atsarga.

P. Garbačev'as, vadovaudamasis keliais tūkstančiais Rusijos, Vakarų Europos ir Šiaurės Amerikos liūčių meteorologinių užrašų, siūlo šitokią liūties intensyvumo formulę:

$$i = \frac{c\sqrt[3]{p\,H^2}}{\sqrt{t}}\,.$$

Čia i — galimas didžiausias tam tikrai vietai liūties intensyvumas mm per minutę,

p — metų skaičius, laike kurių galima susilaukti (tikėtis) vienkartinio prašokimo intensyvumo i,

H — metinis vidutinis kritulių kiekis mm toje vietoje,

t — liūties tęsimasis minutėmis,

c — pastovus koeficientas, Garbačev'o priimtas = 0,046.

Padėkim, pavyzdžiui, p = 40 metų, H = 400 mm, t = 30 min., tąsyk galimas liūties intensyvumas:

$$i = \frac{0{,}046\sqrt[3]{40 \cdot 400^2}}{\sqrt{30}} = 1{,}5 \text{ mm per minutę}.$$

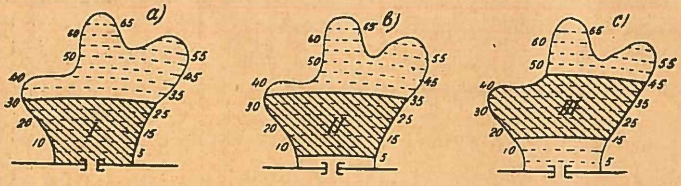
Liūtis po 1 mm per minutę sudaro $\frac{1}{60} \times \frac{1000^2}{1000} = 16$ kub. m per sekundę 1-am kv. km baseino ploto.

Didžiausia galima liūtis Maskvos rajonui 0,75 mm per minutę = 12 m^3 vienam kv km per sekundę, kitiems SSSR rajonams galimas liūties intensyvumas išreiškiamas koeficiento c kartograma (žiūr. toliau).

Bet kokio baseino ploto F kv km atitinkantis vienam kv km lietaus vandens kiekis bus C, o visam baseinui $Q_0 = CF$ m^3/sek. Tėmijimais patirta, kad liūtys viso baseino plote nepasiskirsto tolygiai — aukščiausias intensyvumas susitelkia į skrituliuką.

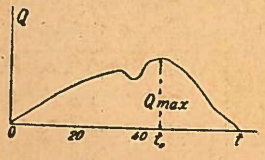
Todėl baseino plotui padidėjus, pavyzdžiui, daugiau kaip 20 kv km, vidutinis intensyvumas tampa mažesnis už aukščiausiąjį 20 — 25%.

Pritekantis vanduo, kai liūtis neilgai tęsiasi, būva lygus iškrintančių kritulių kiekiui $Q_0 = CF$ tiktai mažuose baseinuose, ilgio ne daugiau kaip 2 km; dideliuose baseinuose, priteklius Q, mažesnis už Q_0. Laike liūties (pavyzdžiui laike 30 minučių) iš tolimesnių baseino galų vanduo dar nesuspėja subėgti ir pasiekti pastatą. Todėl liūties pradžioje ligi pastato vanduo atbėgs tik iš artimiausių baseino vietų (dalių), o paskiau nuolat vis iš labiau ir labiau atokesnių vietų.

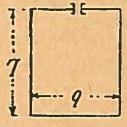


29 a, b, c brėž.

Jei baseinas labai didelis, tai gali būti, kad, kai prisiartins vanduo iš tolimų baseino vietų, liūtis nustos lijus ir vanduo iš artimiausių vietų jau suspės per pastatą praeiti. Tokiu būdu, kiekvienu momentu vanduo eis iš baseino dalies $F' < F'$, kuri vadinama nuotako plotu ir debitas bus $Q = CF'$. 29 a, b, c brėžiniuose parodytas nuosekus vandens subėgimas iš įvairių baseino vietų.



30 brėž.



31 brėž.

Per pirmą pusvalandį (29 brėž.) pro tiltą vanduo eis tik iš I ploto. Linija 30 — 30 vaizduoja geometrinę vietą taškų, nuo kurių vanduo, nutekėdamas, gali pasiekti pastatą per pusę valandos.

Jei praėjus 30 minučių liūtis nustoja, tai artimiausias pastatui plotas paliauja teikęs vandenį, ir prie pastato tekės vanduo tik iš labiau nuotolusių baseino vietų. Pavyzdžiui, praėjus 35 minutėms nuo liūties pradžios, arba, tas pat, 5 min. liūčiai pasibaigus, per pastatą tekės vanduo, susirinkęs II plote, (29 b brėž.).

Praėjus 45 min. nuo lietaus pradžios vanduo bėgs pro tiltą nuo III ploto ir t.t. Tokiu būdu, bet kuriuo momentu vandens priteklius prie pastato $Q = CF'$, kur F' yra baseino ploto dalis, atitinkanti duotam momentui panašiai aukščiau nurodytiems nuotako plotams I, II, III.

Jei abscisių ašimi atidėsime laiką t minutėmis, o ordinačių ašimi — vandens prie pastato pritekliaus dydžius Q įvairiais momentais, tai gausime kreivąją, panašią į 30 brėž. išbrėžtą. Kai kuriam momentui t_0 dydis Q pasiekia, matomai, didžiausios reikšmės $Q_{max} = CF_{max}$, kur F_{max} yra didžiausias nuotako plotas *).

Santykis $\frac{Q_{max}}{F} = C\alpha$ — kubiniais metrais išreikštas vandens kiekis, nutekantis per vieną sekundę nuo baseino vieno kvadratinio km, vadinamas baseino *nuotako moduliu*. Koeficiento α dydis pareina nuo baseino dydžio ir reljefo.

Trumpuose baseinuose su dideliais nuolydžiais vanduo, matomai, nuteka greitai. Ilguose ir lėkščiuose, — įvyksta priešingai, aukščiau minėtas nevienkartinis nutekėjimas ir maksimalis debitas Q_{max} žymiai mažesnis už lietaus vandens kiekį, $Q_{max} < CF$

9. Liūčių vandens debito nustatymas

Apskaičiuojant angą tilto, kuris perdengia upę su baseinu (aukščiau tilto) ligi 60 km² imtinai, reikia nustatyti didžiausią galimą liūčių vandens debitą. Šito debito dydį, kuris pareina nuo kritulių intensyvumo ir pasiskirstymo, baseino ilgio, pločio ir ploto, nuo vietos topografijos, nuo talvego nuolydžių (išilginio ir skersinio), nuo dirvos sąlygų ir nuo baseino žolėmis apžėlimo, galima išreikšti šia formule:

$$Q = \varphi \psi DF \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

kur:

D — tenkąs per laiko vienetą ploto vienetui vidutinis kritulių kiekis arba vidutinis liūties intensyvumas,

*) 31 brėž. parodyta stačiakampinė baseino nuotako schema.

ψ — baseino paviršiaus kritulių sugėrimo koeficientas,

φ — baseino vienkartinio veikimo koeficientas arba liūčių vandens nuotako koeficientas.

F — baseino plotas.

Iš visos šios formulės daugiklių tegali būti daugiau ar mažiau tiksliai nustatytas tik paskutinysis, būtent, baseino plotas. Liūties intensyvumas paskirtam rajonui tegali būti nustatytas pagal meteorologijos stočių per keletą metų tėmijimo davinius, nes smarkios liūtys tik atsitiktinai pasireiškia. Daugiau ar mažiau tikslesnių šiuo klausimu žinių gaunama kai kuriuose rajonuose, kur stropiai vedami tėmijimai. Tačiau nurodomas intensyvumas ne visai atitinka šiam baseinui vidutinį intensyvumą, nes, apskritai, liūties intensyvumas esti ne visur ir ne visais jo veikimo momentais vienodas.

10. Grunto rūšies ir baseino apžėlimo vandeniui nutekėti įtaka.

Kai kuriuose baseinuose net ir kai kuriose jo dalyse vanduo nevienodai teka. Jei gruntas, kuriuo teka vanduo, smėlėtas, arba, bendrai kalbant, sugeriamasis, tai tekamo vandens dalis susigeria į dirvą. Mažiau vandens sugeria arba, kitaip sakant, filtruoja molio gruntai. Taip pat daug sugeria vandens suskilę uolienos padermės; nesuskilę uolienos vandens beveik nesugeria. Drėgna dirva silpniau traukia vandenį, negu sausa, tad liūties pabaigoje vanduo mažiau geriasi į dirvą, negu pradžioje. Taipogi mažiau geriasi vandens tada, jei prieš tai kurį laiką nuolat lyja.

Tekamo vandens išgaravimas nežymus; žymesnė liūties vandens dalis gali dingti pakelyje, susilaikiusi už lapų ir augalų šakelių. Tatai yra gerai žinoma kiekvienam. Tuo būdu baseino apžėlimas esminiai veikia į vandens kiekį, kuris teka prie tilto.

Baseino nuolydžių įtaka. Talvego ir baseino šlaitų nuolydžiai turi didelės reikšmės. Jei šie nuolydžiai esti dideli, tai vanduo smarkiau teka. Tad mažai yra galimybės, kad vanduo galėtų vienoje ar kitoje vietoje susigerti ir išgaruoti. Kai gulsti nuolydžiai ir lėtesnis tekėjimas, tada tekamas vanduo labiau geriasi į dirvą ir labiau garuoja, be to, galimas daiktas, kad vanduo iš tolesnių baseino dalių atbėgs prie tilto tada, kai liūtis nustos lijus ir kai visas vanduo ar jo dalis iš arčiausio tiltui rajono jau bus nutekėjus. Iš

tikrųjų tiltas paskutiniu atsitikimu veikia taip, kaip jis veiktų, jei liūtis lytų tik ant baseino dalies. Vadinasi, apskaičiuojant vandens kiekį, kuris teka pro tiltą ar kitais takais, yra tiksliau imti ne visą baseino plotą, bet tik kai kurią jo dalį.

Teoriška vandens nuotako formulė. Kai liūties intensyvumas lygsta h mm per minutę, tąsyk iškritęs per sekundę baseino 1 km² plote vandens kiekis metrais³ lygsta:

$$D\ m^3/sek = \frac{h.1000.1000}{60.1000} = 16{,}667\ h \quad \ldots \quad (2)$$

Jei baseino plotas F km², tai iškritęs per sekundę visame baseine vandens kiekis kub. m lygsta DF. Tačiau, dėl susigėrimo ir išgaravimo prie apatinio baseino taško priteka tik tokio vandens dalis = ψ. D. F; kur ψ galima laikyti susigėrimo koeficientu. Antra vertus, baseino konfiguracija, vadinasi, jo nuolydžių, ilgio ir pločio įtaka, gali priversti imti skaičiuotėn ne visą baseino plotą F, bet tiktai kurią jos dalį φ F. Trupmeną φ laikysime nuotako koeficientu.

Turėdami galvoje koeficientų ψ ir φ nuo pačios gamtos priklausomybę, galime lengvai įsitikinti kaip yra sunku, kai kuriais atsitikimais, nustatyti tikslius šių koeficientų dydžius. Tad, jei naudosimės formule (1), tai tąsyk teks imti apytikrius koeficientus ψ ir φ arba tik kai kuriuos vidutinius dydžius. Pav., prof. Dubelyras pirmam palyginimui pataria imti tokius vandens sugėrimo koeficientus:

1. Smėlėtame grunte, miškuotoje lygioje vietoje . $\psi = 0{,}15$
2. Vidutinėse sąlygose . . . . . $\psi = 0{,}25$
3. Uolenų arba, bendrai, nelaidžiame grunte, plikose vietose, stačiose nuokalnėse (lyjant nesusilaiko vanduo) . . . . . $\psi = 0{,}35$

Kas dėl vandens nuotako koeficiento φ, tai jį galima nustatyti matematiškai, tačiau tik paprastais atsitikimais (pav., tolyginis talvego nuolydis, stačiakampio arba trikampio formos baseinas) Tuo būdu formulė (1) virsta teoriška formule ir projektuotojui inžinieriui tenka turėti didelių sunkumų, kartais ir nėra galimumo įsivaizduoti koksai iš tikrųjų vandens kiekis gali atbėgti prie tilto smarkiai ar lėtai lyjant, vienaip ar kitaip išsisklaidyti po baseino plotą įvairiose topografiškose ir gamtos — istoriškose sąlygose.

Tad tikrojo vandens, kuris atbėga prie tilto, kiekio nustatymas praktiškai pakeičiamas kai kurio pagal tam tikras normas apskaičiuojamo vandens kiekio nustatymu. Šios normos turi duoti galimą vandens debitą su kai kuria atsarga, visas vietos sąlygų ypatybes numačius. Pagal tokias normas apskaičiuota tilto anga turi būti pakankama vandeniui praleisti ir tuo apsaugoti kelią nuo pavojaus eismui. Be to, ekonomijos atžvilgiu, ji neturi būti per didelė. Nereikia painioti apskaičiuojamą vandens kiekį su didžiausiu vandens debitu, kuris kartais gali būti numatytoje vietoje. Jei smarkūs lietūs esti labai retai, tai ekonomiškiau statyti tiltą kiek mažesnių dydžių; jei sugriūtų, tąsyk perstatyti jį iš naujo, atitinkamai sustiprinus. Jei angų apskaičiavimo blankuose, aplinkraščiuose ir t. t. yra parašyta, „didžiausias pritekamo vandens kiekis", didžiausias debitas, tai tokiais atsitikimais žodį „didžiausias" reikia laikyti skaičiuojamu.

11. Liūčių vandens debitui skaičiuoti formulės.

Neturint savo bandymų ir tėmijimų davinių dažniausiai lig šiol SSSR buvo naudotasi liūčių vandenio debitui apskaičiuoti austrų inž. Kestlino empirine formule ir normomis jų pirmykštėje formoje arba su prof. Nikolaji pataisomis. Nuo 1929 metų SSSR priimta vadovavimuisi susisiekimo liaudies komisariato technikos kmiteto išdirbta nauja formulė *).

Formulę ir normas inž. Kestlinas išdirbo maždaug 1868 m. pasiremdamas tėmijimo daviniais liūties, kuri yra buvus Pietų Vengrijoje, Transilvanijos Alpių rajone, Banato apylinkėje. Tokia liūtis truko vos 10 minučių ir davė 9,6 mm. kritulių sluoksnį, kas lygsta intensyvumui 0,96 mm. per minutę. Iškritęs per sekundę ant 1 km² vandens kiekis buvo nustatytas pagal formulę $D=16{,}667 \times 0{,}96 = 16$ m³/sek. Laikydami koeficientų $\psi\varphi$ sandaugą lygi kai kuriam dydžiui α, ir įstalę $D = 16$ m³/sek, gauname *Kestlino formulę:*

$$Q = 16\alpha F \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

kur F — baseino plotas km², Q — debitas m³.

Nutekamo ir susigeriamo vandens koeficientui α, pagal Kestlino normas, duodami šie dydžiai:

---

*) Šita formulė įdėta šio vadovėlio 36 pusl.

Kai talvegas ligi . . . 3,50 km ilgio, ... $\alpha = 1/2$
„ „ nuo 3,50 — 7,50 „ „ . . . . $\alpha = 3/8 - 1/4$
„ „ „ 7,50 — 11,00 „ „ . . . . $\alpha = 3/16$
„ „ „ 11,00 — 15,00 „ „ . . . . $\alpha = 1/8$
„ „ „ 15,00 — 19,00 „ „ . . . . $\alpha = 1/16$

Tačiau Kestlinas pažymi, kad nurodytieji koeficientų dydžiai taikomi tik baseinams kalnuotose vietose su dideliais nuolydžiais, o gulstiems slėniams, kur lėtai teka vanduo, galima imti pusė tokių dydžių. Didesniems kaip 60 km² baseinams ši formulė netaikoma.

Rusų susisiekimo ministerija įvesdama 1864 m. šias normas nurodė, kad gulščiais slėniais reikia laikyti tuos, kurių nuolydis mažesnis kaip 0,005, be to, pasiūlė per pusę sumažinti jiems koeficiento α dydį.

Koeficientas 16 metrinėje matų sistemoje charakterizuoja liūties intensyvumą ir atitinka intensyvumą 0,96 mm per minutę.

Svarbiausias Kestlino formulės trūkumas yra tas, kad ji neįvertina vietos sąlygas baseino dirvos struktūros ir pobudžio atžvilgiu, taip pat baseino formos atžvilgiu. Šie veiksniai turi didelės įtakos į debito dydį. Be to, formulėje nėra pakankamai įvertinta nuolydžių ir baseino ilgio įtaka.

Palyginus Kestlino liūties intensyvumą (0,96 mm per minutę) su dažnai pasitaikančiomis liūtimis 2 mm per minutę, tenka laikyti Kestlino normą nepakankama. Toliau, kaip matyti iš Kestlino veikalo teksto, galima konstatuoti, kad jis yra davęs vandens sugėrimo koeficientą ψ visiems gruntams, išskyrus uolenų, vienodą, būtent $= 0{,}5$. Vidutinėmis sąlygomis šis pažymis yra per didelis. Nuotako koeficientas φ kai kuriais atsitikimais irgi per didelis, pav., $3\,1/2$ km baseinui jis lygsta $\varphi = \frac{\alpha}{\psi} = \frac{0{,}5}{0{,}5} = 1$, vadinasi, Kestlinas, imdamas liūties tęsimąsi 10 minučių skaito, kad vanduo iš toliausio baseino taško nuteka per 10 minučių 3½ km, vadinasi, tekėjimo greitis arti 6 m/sek. Tokiu smarkumu tekėdamas vanduo išplautų paprastus gruntus; iš tikrųjų gi to nepastebima, tad nurodytas koeficiento φ dydis yra per didelis. Kadangi vieni koeficientai per dideli, kiti per maži, tai, atskirais atsitikimais, jų sandauga gali pasirodyti gana artima tikrumui, bet, apskritai, negalima užtikrinti, kad debitas teisingai nustatytas.

Kaip pavyzdį, nurodysim vieną iš Keslino normų netikslumų; būtent mažesniems kaip 0,005 nuolydžiams koeficiento α dvi-

gubas sumažinimas. Iš tikrųjų, dviejuose visais atžvilgiais lygiuose baseinuose su talvegų 0,0051 ir 0,0049 nuolydžiais, vandens debitai yra beveik vienodi, tuo tarpu, pagal Kestlino normas vienam baseine gaunamas dvigubai didesnis, negu kitam.

Kestlino normas tyrė daugelis rusų inžinierių; naujausių šiuo klausimu tyrimų darbai panaudoti šiame skyriuje. Tarp jų: Prof. G. D. Dubelir. Mažų tiltų angų nustatymas (1914 m. pirmam sauskelių statytojų suvažiavimui pranešimas). Apie G. Dubelir'o darbuotę vandens nuotako srityje nurodyta atskiruose leidiniuose. Tačiau reikia pasakyti, kad vieton to, kad įnešti į tą sritį naujų principų, jis visą savo darbą padėjo vien tik atitaisyti jau atgyvenusias Kestlino normas.

Inž. A. C. Tannenbaum. Kestlino normų taisymas — (žiūr. 1917 m. rusų susisiekimo ministerijos žurnalą).

1926 m. susisiekimo liaudies komisariato technikos komiteto 26 leidinys „Liūčių vandens prie tiltų pritekliaus normos".

1900 m atsitikus keletai iš eilės (dėl pylimo liūtimis išplovimo) katastrofų, pav., Charkovo — Balašovo geležinkelyje rusų susisiekimo ministerija pradėjo abejoti ar yra pakankamos ir ar visose vietose pritaikomos Kestlino normos.

Šį klausimą nuodugniai išnagrinėjo prof. L. Nikolaji. 1927 m jis patiekė susisiekimo ministerijos inžinierių tarybai sumanymą, siūlydamas įnešti į Kestlino formulę ir normas kai kurių pataisų, kad galima būtų geriau jas pritaikyti krašto sąlygoms. Tokiam sumanymui inžinierių taryba pritarė. Nikolaji tokia formulė:

$$Q = 16.\alpha.\beta.F \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

kur: 16 — koeficientas, atitinkąs lietaus intensyvumą 0,96 mm per minutę,

F — baseino plotas km^2,

α — koeficientas, pareinąs nuo baseino ilgio,

β — koeficientas, pareinąs nuo talvego nuolydžio.

α ir β koeficientų dydžiai nurodyti 1 ir 2 lentelėse.

Baseino ploto (F), jo ilgio (L) ir talvego nuolydžių (i) dydžiai nustatomi tyrinėjant.

Apskaičiuojant pagal Nikolaji formulę reikia laikytis šių sąlygų.

1. Vietoms, kur dažnai esti smarkios liūtys, minimos formulės koeficientas 16 tiek kartų padidinamas, kiek skirtoje vietoje liūties intensyvumas prašoka intensyvumą 1 mm per minutę. Tokiu pat pagrindu ir panašiu būdu šis koeficientas gali būti sumažinamas, jei yra įrodomų davinių, kad liūties intensyvumas 1 mm per minutę skirtai vietai per didelis.

1 lentelė. α koeficientų dydžiai.

L dešimtainis ženklas	L — baseino ilgis km																	
	L — sveiki skaičiai																	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,0	—	0,927	0,771	0,614	0,483	0,415	0,348	0,280	0,242	0,226	0,209	0,192	0,175	0,159	0,142	0,125	0,109	0,092	0,075
0,1	1,000	0,912	0,754	0,598	0,476	0,408	0,341	0,273	0,241	0,224	0,207	0,190	0,174	0,157	0,140	0,124	0,107	0,090	0.074
0,2	1,000	0,896	0,738	0,583	0,469	0,402	0,334	0,267	0,239	0,222	0,206	0,189	0,172	0,155	0,139	0,122	0,105	0,089	0,072
0,3	1,000	0,880	0,722	0,567	0,462	0,395	0,327	0,260	0,237	0,221	0,204	0,187	0,170	0,154	0,137	0,120	0,104	0,087	0,070
0,4	1,000	0,864	0,707	0,552	0,456	0,388	0,321	0,253	0,236	0,219	0,202	0,185	0,169	0,152	0,135	0,119	0,102	0,085	0,068
0,5	1,000	0,848	0,691	0,537	0,449	0,381	0,314	0,251	0,234	0,217	0,201	0,184	0,167	0,150	0,134	0,117	0,100	0,084	0,067
0,6	0,990	0,833	0,676	0,522	0,442	0,375	0,307	0,249	0,232	0,216	0,199	0,182	0,165	0,149	0,132	0,115	0,099	0,082	0,065
0,7	0,974	0,817	0,660	0,507	0,435	0,368	0,300	0,247	0,231	0,214	0,197	0,180	0,164	0,147	0,130	0,114	0,097	0,080	
0,8	0,959	0,802	0,645	0,496	0,429	0,361	0,294	0,246	0,229	0,212	0,195	0,179	0,162	0,145	0,129	0,112	0,095	0,079	
0,9	0,942	0,785	0,630	0,489	0,422	0,354	0,287	0,244	0,227	0,211	0,194	0.177	0,160	0,144	0,127	0,110	0,094	0,077	

2 lentelė. β koeficientų dydžiai.

i dešimtainis ženkas	*i* — Baseino išilginis nuolydis														
	Tūkstantinis *i* ženklas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,0	0,188	0,250	0,313	0,375	0,500	0,688	0,875	1,017	1,158	1,300	1,340	1,380	1,420	1,460	1,500
0,1	0,194	0,256	0,319	0,388	0,519	0,706	0,889	1,031	1,173	1,304	1,344	1,384	1,424	1,464	
0,2	0,200	0,263	0,325	0,400	0,538	0,725	0,903	1,045	1,187	1,308	1,348	1,388	1,428	1,468	
0,3	0,207	0,269	0,332	0,413	0,556	0,744	0,918	1,059	1,201	1,312	1,352	1,392	1,432	1,472	
0,4	0,213	0,275	0,338	0,425	0,575	0,763	0,932	1,073	1,215	1,316	1,356	1,396	1,436	1,476	
0,5	0,219	0,282	0,344	0,438	0,594	0,781	0,946	1,088	1,229	1,320	1,360	1,400	1,440	1,480	
0,6	0,225	0,288	0,350	0,450	0,613	0,800	0,960	1,102	1,243	1,324	1,364	1,404	1,444	1,484	
0,7	0,231	0,294	0,356	0,463	0,631	0,819	0,974	1,116	1,258	1,328	1,368	1,408	1,448	1,488	
0,8	0,238	0,300	0,363	0,475	0,650	0,838	0,988	1,130	1,272	1,332	1,372	1,412	1,452	1,492	
0,9	0,244	0,307	0,369	0,488	0,669	0,856	1,003	1,144	1,286	1,336	1,376	1,416	1,456	1,496	

Kai baseinas trumpesnis kaip 0,5 km, koeficientas β turi būti ne mažesnis kaip 0,50.

2. β koeficientui nustatyti nuolydis apskaičiuojamas pagal formulę (1):

$$i = \frac{\Sigma b_n l_n i_n}{\Sigma b_n l_n}$$

3. Jei skersinių šlaitų su vidutiniu nuolydžiu (i), mažesniu kaip 0,003, plotas sudaro ⅓ ir daugiau viso baseino ploto, tai išvestas pagal nurodytą formulę debitas sumažinamas: nuo 6 ligi 35 km² didumo baseinams 20%, o didesnio ploto — 30%.

4. Jei į baseino plotą sueina keletas antraeilių skersinių talvegų, tai bendras debitas nustatomas kaip vyriausio ir skersinių talvegų debitų suma pareinamai nuo vyriausio ir antraeilių talvegų ploto, ilgio ir nuolydžių. Tačiau paskutiniems ilgiu laikoma suma atitinkamo talvego ilgio ir vyriausio talvego dalies, skaitant nuo vietos, kur įeina skersinis talvegas, ligi tilto.

Prof. Nikolaji normos buvo taikomos prieš karą Rusijoje visiems geležinkeliams, bet tuo tarpu veikė ir Kestlino normos.

Iš praktikos matyti, kad Kestlino normos vidurinei SSSR buvo tinkamos; tačiau trumpiems baseinams (trumpesniems kaip 1½ km) su dideliais nuolydžiais jos yra per mažos, o ilgiems baseinams su visai gulščiais nuolydžiais — per didelės. Tuose rajonuose, kur esti smarkios liūtys (pav., Pietų ir Pietų — Vakarų Europos SSSR), šitos normos, be abejo, nepakankamos, bet kur visai silpni lietūs — per didelės.

Prof. Nikolaji normos duoda didesnius debito dydžius; apskaičiuotos pagal jas angos be abejo laiduoja didesnį tilto saugumą, bet užtat jo pastatymas brangesnis.

Be to, pagal prof. Nikolaji normas yra sunkiau skaičiuoti ir labai daug reikia padėti darbo tyrinėjimams, nes be nustatomo pagal Kestliną baseino ploto, ilgio ir apytikrio nuolydžio, čia reikia dar nuodugniai išniveliuoti talvegą ligi pat takoskiros, kartais net ir padaryti šoninių talvegų planą ir niveliuotę ir apytikriai išmatuoti plotą su skersiniais nuolydžiais, mažesniais kaip 0,003.

Ligi 1929 m. SSSR liūčių vandens debitui apskaičiuoti buvo oficialiai taikomos Kestlino ir Nikolaji formulės. Laikėsi šių sąlygų:

1. Projektuojant svarbesnes sauskelių magistrales: a) dviejų ir mažiau km ilgumo baseinams su dideliu išilginio talvego nuolydžiu (i), būtent, kai $i > 0{,}01$ ir baseinas trumpesnis kaip 4 km ir kai $i > 0{,}015$ ir baseinas ilgesnis kaip 4 km, reikia taikyti pasto-

vios konstrukcijos tiltų angoms apskaičiuoti prof. Nikolaji formulę ir normas; b) kitiems gi baseinams galima taikyti paprastesnę Kestlino formulę ir normas.

2. II eilės sauskeliams ir privažiavimams yra tikslu imti Kestlino normas, išskyrus baseinus, kurių talvego nuolydis prašoka 0,015; jiems didesniam atsargumui taikomos prof. Nikolaji normos.

Kitos vandens debitui nustatyti normos. Bavarijos inžinieriai vandens debitą nustato pagal tokias formules:

a) nuo 1 ligi 300 km² baseinams:

$$Q = m \frac{F}{\sqrt[3]{1+F}} \left(1 - 0{,}4 \frac{F_w}{F}\right),$$

kur: F — bendras baseino plotas km²,

F_w — baseino mišku apaugusi ploto dalis,

m — koeficientas, pareinąs nuo vidutinio baseino nuolydžio i žemesneje baseino dalyje = ⅔ jo ilgio; koeficiento dydžiai nurodyti šioje lentelėje:

i = 0,5%	m = 3,00
i = 0,5 — 2%	m = 3,75
i = 2%	m = 4,50

Pagal Honselį 1-am km² baseino ploto galima imti tokį vandens debitą per sekundę:

kalnų upeliams	0,9—2,0 m³
upėms vidutiniškai išraižyto reljefo vietoje, kur baseino dalis apaugusi mišku	6 m³
upeliams, kurių talvegas:	
4—8 km ilgumo	4 m³
8—12 km ilgumo	3 m³
12—16 km ilgumo	2 m³

Iškovskio formulė didžiausiam debitui skaičiuoti.

$$Q = C\ m\ h\ P \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Šitoje formulėje:

Q — vandens debitas m³/sek.

P — baseino plotas, km²

h — vidutinis metinis kritulių aukštis, metrais,
m — baseino plotui atvirkščiai proporcingas koeficientas.

Baseino plotas P surandamas pagal vokiečių gener. štabo žemėlapį 1:100.000 mastu (Karte des westlichen Russlands) arba pagal rusų gener. štabo žemėlapį 1:84.000 mastu. Galima naudotis ir vokiečių 1:300.000 žemėlapiu (Übersichtskarte von Mitteleuropa). Didesnių Lietuvos upių ir intakų baseinus galima rasti leidiny: prof. S. Kolupaila. Lietuvos hidrografija, 1924 m.

Kritulių aukštis h gali būti šis:

h = 0,800: Kretingos ir Klaipėdos apskritys, pajūrio zona
h = 0,700: Žemaitijos aukštuma, Šilutės, Telšių, Mažeikių apskritys.
h = 0,600: kitos Lietuvos vietos.

Maksimalio nuotako koeficientas Lietuvai gali būti paimtas
c = 0,040: baseinams su labai lygiu reljefu, pelkėmis, ežerais (pav., Nevėžio, Mušos baseinai);
c = 0,055: normalėms Lietuvos sąlygoms
c = 0,070: nedideliems baseinams su stačiais šlaitais (pav. Minijos, Jūros, Šešupės baseinai).

Surasti koeficientui m žemiau duodama lentelė.

P	m	P	m	P	m	P	m
1	10,0	250	6,70	1800	3,960	20000	2,909
10	9,5	300	6,55	2000	3,775	30000	2,801
20	9,0	350	6,37	2500	3,613	40000	2,693
30	8,5	400	6,22	3000	3,450	50000	2,575
40	8,23	500	5,90	3500	3,335	60000	2,470
50	7,95	600	5,60	4000	3,250	70000	2,365
60	7,75	700	5,35	4500	3,200	80000	2,260
70	7,60	800	5,12	5000	3,125	90000	2,155
80	7,50	900	4,90	6000	3,103	100000	2,050
90	7,43	1000	4,70	7000	3,082	150000	1,725
100	7,40	1200	4,515	8000	3,060	200000	1,350
150	7,10	1400	4,320	9000	3,038	250000	1,000
200	6,87	1600	4,145	10000	3,017		

Pavyzdys. Nemunas Kaune.

$$\left.\begin{array}{ll} P = 46267\ km^2 & m = 2{,}591 \\ h = 0{,}600\ m & C = 0{,}055 \end{array}\right\} \quad Q = Cm\ hP = 3960\ m^3/sek.$$

Prof. Kolupailos tyrimais Iškovskio formulė Lietuvos upių debitams skaičiuoti yra viena tinkamiausių.

Naujoji SSSR susisiekimo liaudies komisariato formulė

$$Q = C\ \alpha\ F.$$

C imamas pagal kartograma izolinijomis (įvairioms geografinėms zonoms), pav. pritaikant Kauno rajonui C = 16, bet svyruoja nuo 8 (Archangelsk) ligi 24 (Poltava), α — pareina nuo baseino ir duodamas lentelėmis.

12. Mažų tiltų angų liūčių vandeniui praleisti apskaičiavimas

Apskaičiavę didžiausį galimą vandens debitą ir turėdami surinktus tyrinėjimais davinius apie talvego nuolydžius ir upės (esamos vagos) skersinį piūvį (gyvąjį skrodį), prieš statant tiltą reikia nustatyti reikiamus angoms apskaičiuoti dydžius: a) taip vadinamo upės vandens būklės greičio (natūralioje, nesuvaržytoje padėtyje) ir b) aukščiausio vandens horizonto.

13. Būklės greičio nustatymas

Tikslus teoriškas greičio apskaičiavimas turi nenugalimų sunkumų, nes tatai pareina nuo visos eilės negalimų tiksliai įvertinti veiksnių (dalini ir bendri talvego nuolydžiai, jo paviršiaus reljefas ir dirvožemis, tekamo vandens sluoksnio storumas ir t.t.). Tad būklės greičiui (v) nustatyti kaip ir debitui apskaičiuoti, naudojamasi empirinėmis formulėmis, kuriomis išreiškiama greičio priklausomybė nuo aukščiau nurodytų veiksnių, būtent Chézy (Šezi'o) formule:

$$v = C\sqrt{Ri}\ , \qquad \ldots\ldots\ldots\ (6)$$

kur R — talvego ar upės vagos skersinio piūvio pavandeninis radijusas,

i — jų išilginis nuolydis,

C — empirinis koeficientas.

32 brėž.

Pavandeniniu radijusu vadinamas santykis upės skersinio piūvio ploto (ω), kai esti aukščiausis vandens horizontas, su jo pavandeniniu, vadinasi plaunamu, perimetru (a b c d e f g, kuris pažymimas raide p, 32 brėž.), būtent:

$$R = \frac{\omega}{P} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

C koeficiento dydžiui nustatyti yra keletas empirinių formulių: Darsi — Bazeno, Bazeno, Gangiulije — Kuttero ir kt. Iš jų mažoms upėms dažniausiai taikoma Darsi — Bazeno formulė, būtent:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

α ir β koeficientų dydžiai nurodyti žemiau dedamoje lentelėje

3 lentelė

Vagos rūšis	α koeficientas m	β koeficientas
Apžėlusioms ir žvyruotoms vagoms .	0,000400	0,0007000
Žemės ir smėlio vagoms	0,000280	0,0003500
Lygioms dirbtinėms vagoms (iš akmens, mūro ir kt.)	0,000240	0,0000600
Visai lygioms dirbtinėms vagoms (išbetonuotoms, išklotoms obliuotomis lentomis ir kt.)	0,000145	0,0000045

Įstatę į aukščiau nurodytą greičio formulę dydį C iš Darsi — Bazeno formulės, gauname būklės greičiui nustatyti tokią formulę:

$$v = C\sqrt{Ri} = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}\sqrt{Ri} = C'\sqrt{i} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Taigi paskutinio dydžio koeficientą C, kad patogiau būtų skaičiuoti, pakeičiame koeficientu $C' = C\sqrt{R}$.

4 lentelė. C' koeficiento dydžiai būklės greičio formulei $v = C'\sqrt{i}$

R	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
0,00	—	9,93	18,61	26,36	33,39	39,84	45,82	51,40	56,64	61,60	66,29	70,78	75,10	79,22	83,14	86,98	90,65	94,25
0,02	1,06	10,85	19,42	27,10	34,07	40,54	46,41	51,94	57,15	62,07	66,75	71,22	75,51	79,61	83,53	87,33	91,01	94,60
0,04	2,11	11,75	20,23	27,83	34,72	41,07	46,97	52,47	57,65	62,57	67,21	71,66	75,92	80,00	83,92	87,71	91,36	94,96
0,06	3,13	12,65	21,02	28,54	35,37	41,68	47,53	53,00	58,14	63,03	67,65	72,09	76,32	80,39	84,32	88,08	91,72	95,32
0,08	4,15	13,53	21,80	29,29	36,03	42,29	48,11	53,53	58,64	63.49	68,11	72,52	76,73	80,78	84,71	88,45	92,18	95,67
0,10	5,15	14.40	22,58	29,95	36,68	42,89	48,65	54,06	59,15	64,94	68,56	72,95	77,16	81,18	85,09	88,83	92,43	96,02
0,12	6,13	15,24	23,36	30,65	37,32	43,48	49,20	54,58	59,63	64,43	69,01	73,37	77,56	81,57	85,47	89,19	92,80	96,37
0,14	7,10	16,12	24,12	31,36	37,97	44,07	49,80	55,10	60,15	64,93	69,46	73,79	77,96	81,96	85,85	89,56	93,16	96,72
0,16	8,05	16,96	24,88	32,04	38,59	44,65	50,32	55,62	60,63	65,33	69,90	74,24	78,38	82,35	86,23	89,92	93,53	97.07
0,18	9,00	17,79	25,62	32,72	39,22	45,23	50,85	56,13	61,11	65,82	70,85	74,68	78,78	82,74	86,61	90,29	93,89	97,42

Koeficiento C′ dydžiai, apskaičiuoti paprastoms žemės vagoms (metrinė sistema), kai $\alpha = 0{,}00028$ ir $\beta = 0{,}00035$, nurodyti 4 lentelėje.

Pagal Bazeną (Bazin):

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9\,a)$$

Pagal Gangiulje ir Kutterą (Ganguillet — Kutter):

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{2}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}} \quad \ldots\ldots \quad (9\,b)$$

Šitose formulėse γ ir n charakterizuoja dugno šiurkštumą.

Iš formulės (9 b) matyti, kad juo didesnis išilginis upės prie tilto nuolydis, tuo daugiau yra pamato neskaityti trupmeną $\frac{0{,}00155}{i}$

Jau, kai išilginis prie tilto nuolydis lygsta 0,00155, nurodytos trupmenos dydis (vienetas) palyginti su sudedamuoju skaičium 23, praktiškai gaunamas mažas. Jei formuleje (9 b) neskaityti trupmeną $\frac{0{,}00155}{i}$ ir padėti $n = 0{,}030$, kuris atitinka vieną iš dažniausiai praktikoje pasitaikančiųjų vagos rūšių (žiūr. 4a, b, lenteles), tai formulė (9 b) taip atrodys (9 c):

$$C = \frac{56{,}3}{1 + \frac{0{,}69}{\sqrt{R}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9\,c)$$

Įvairiems i, R, n ir γ dydžiams koeficientų C pagal Bazeno ir Gangiulje ir Kuttero formules dydžiai ir greičių v dydžiai pagal Šezio formule $V = C \cdot \sqrt{Ri}$ įvairiems R, i ir C (iš abiejų paminėtų formulių su įvairiais n ir γ) dydžiams nurodyti šio vadovėlio priedėly įdėtose I — XXIII lentelėse.

Kaip matyti iš paminėtų, išvestų pagal Bazeną, Gangiulje ir Kutterą lentelių koeficientai C beveik vienodi, kai pavandeniniai radijusai nedidesni kaip 1 m; kai didesni pavandeniniai radijusai, pagal Bazeno formulę gaunamas didesnis dydis C. Praktikoje naudojamasi be skirtumo abiem formulėmis.

4 a lentelė.

Bazeno formulės (9 a) šiurkštumo koeficientų dydžiai.

Vagos sienelių rūšis	γ
1. Visai lygios sienelės (nuobliuotos lentos, lygus cemento tinkas ir kt.)	0,06
2. Lygios sienelės (neobliuotos lentos, tašytų akmenų arba plytų mūras, betoniniai ir ketiniai vamzdžiai) .	0,16
3. Nelygios sienelės (geras akmeninis mūras, vidutinio plynumo betonas)	0,46
4. Šiurkščios sienelės (šiurkštus akmeninis mūras, labai šiurkščiai nubetonuota uola, laukakmenio grindinys, glaudaus, labai gerai laikomos grunto sienelės, švariai ištašytos uoloje sienelės, ...	0,85
5. Natūralaus grunto sienelės (prie jų priskaitomos išgrįstos, bet kiek apžėlę, vagos)	1,30
6. Labai atsparaus grunto vagos (kai neprižiūrimos, labai apžėlusios vandens žolėmis, stambių akmenų arba stambaus žvirgždo dugnas ir t. t.)	1,75

4 b lentelė.

Gangiulje ir Kuttero formulės (9 b) šiurkštumo koeficientų n ir atvirkšti $\frac{1}{n}$ dydžiai.

Vagos sienelių rūšis	n	$\frac{1}{n}$
1. Nuobliuotos lentos, gryno cemento tinkas . .	0,010	100
2. Neobliuotos lentos, tašytų akmenų mūras, visai lygus plytų mūras, gerai laikomi vandenį nuleidžiamieji vamzdžiai, kiek užteršti vandentiekio vamzdžiai	0,013	76,9
3. Geras paprastas laukakmenių mūras, senas plytų mūras, šiurkštus betonas, lygi, labai gerai nutašyta uola	0,017	58,8
4. Labai šiurkštus laukakmenių mūras, sausai stambių akmenų sukrautas mūras, laukakmenių grindinys, lygiai ištašyti uoloje grioviai, lioso, susigulėjusio žvyro, susigulėjusio, dumblu užsitraukusio, grunto perkasai	0,020	50,0

Vagos sienelių rūšis	n	$\frac{1}{n}$
5. Dideli vidutiniškai prižiūrimi ir remontuojami ir maži gerai prižiūrimi ir remontuojami perkasai. Gerose sąlygose upės ir upeliai (lengvai teka, neužterštos ir neapžėlę žolėmis) . .	0,025	40,0
6. Palyginti blogose sąlygose perkasai ir upes (pav. vietomis apžėlę žolėmis ir užversti laukakmeniais arba labai apžėlę žolėmis, vietomis apgriuvę šlaitai ir t. t.)	0,030	33,3
7. Labai blogose sąlygose perkasai ir upės, be taisyklingo profilio, užversti akmenimis, apžėlę žolėmis ir t. t.	0,035	28,6
8. Taip pat labai blogose sąlygose (uolų gabalais ir stambiais akmenimis užversta vaga, tankiai priaugę šaknų, yra didelių išplovimų ir apgriūvimų, apaugę nendrėmis)	0,040	25,0

14. Aukščiausio vandens horizonto nustatymas

Tiriamos upės vandens gilumą, taip pat aukščiausią horizontą tiesiog nustatyti iš lygčių $Q = \omega \cdot v$ negalima, nes dydis v pareina nuo R, vadinasi nuo $\frac{\omega}{p}$, be to, gyvasis skrodis, paprastai, turi netaisyklingą formą. Tad tenka apskaičiuoti nuoseklaus prisiartinimo keliu, būtent: projektuotojas paėmęs apytikrį gilumą, sąlyginiai pažymi skersiniame profilyje aukščiausią vandens horizontą ir nustato gyvojo skrodžio ω_1 plotą ir pavandeninį perimetrą p_1, paskui pagal formulę $v_1 = C' \sqrt{i}$ apskaičiuoja vidutinį greitį v_1, ir pagal lygtis $Q_1 = \omega_1 v_1$ nustato atitinkamą šiam plotui ir greičiui vandens debitą Q_1.

Jei debitas (Q_1) žymiai skirsis nuo apskaičiuoto, pagal aukščiau nurodytas (Kestlino arba Nikolaji) normas, didžiausio esamos upės liūties debito (Q), tai sąlyginiai priimtą horizontą reikia atitinkamai paaukštinti arba pažeminti, ir iš naujo pakartotinai skaičiuoti ir t.t. tol, kol pavyks surasti horizontas, kurio vandens debitas bus artimas didžiausiam duotos tekmės liūties debitui.

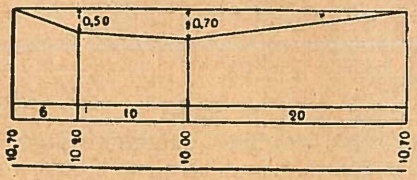
Tokiu būdu galima nustatyti tiek upės gylį, tiek ir plotį (32 brėž.) projektuojamojo tilto perkertamoje vietoje.

Pavyzdys. Baseino plotas $F = 7{,}0$ km², baseino ilgis $L = 8$ km. Vidutinis baseino nuolydis 0,005; nuolydis prie tilto 0,0026. Vaga charakterizuojama šiurkštumo koeficientu $n = 0{,}030$.

Sprendimas. Pagal Kestlino — Nikolaji normas vandens debitas:

$$Q = 16\,\alpha.\beta.F = 16 \times 0{,}242 \times 0{,}500 \times 7{,}00 = 13{,}55\ \text{m}^3/\text{sek}$$

Vagos profilis parodytas 33 brėž.



33 brėž.

Imame didžiausią upės gilumą $a = 0{,}70$. Šiuo atsitikimu vandens horizontas turės 10,70 pažymį, užimdamas kairėn nuo pačio žemiausio profilio taško 16 m ir dešinėn 20 m. Upės gyvasis skrodis bus:

$$\omega = 6{,}0 \times \frac{0{,}50}{2} + 10{,}0 \times \frac{0{,}50 + 0{,}70}{2} + 20{,}0 \times \frac{0{,}70}{2} = 14{,}5\ \text{m}^2.$$

Plaunamas perimetras (pagal horizontalę projekciją):

$$p = 6 + 10 + 12 = 36\ \text{m}.$$

Pavandeninis radijusas:

$$R = \frac{\omega}{p} = \frac{14{,}5}{36} = 0{,}4\ \text{m}.$$

Išskaičiavę pagal 9a formulę su $\gamma = 1{,}30$ koeficentą C, turėsim:

$$v_1 = C\sqrt{Ri} = 28{,}8\sqrt{0{,}4 \times 0{,}0026} = 0{,}92\ \text{m/sek}.$$

Debitas $\omega\, v_1 = 14{,}5 \times 0{,}92 = 13{,}4$ m³/sek labai mažai skiriasi nuo išvesto pagal Kestlino — Nikolaji normas (13,55 m³/sek) debito, tad galima sakyti, kad tekamo talvegu vandens kiekio, kuris gaunamas pagal Kestlino — Nikalojo formulę, horizontas yra ties 10,70 pažymiu.

Praktikoje tenka taip skaičiuoti ne vieną, bet keletą kartų, nes susyk labai sunku nustatyti vandens horizontą, esant kuriam sandauga ωv_1 mažai skirtųsi nuo užsiduoto debito Q. Projektuotojas, sustatęs angų apskaičiavimo lapą, pažymi jame tik galutinus skaičiavimo rezultatus panašia tvarka, kaip nurodyta šiame paragrafe (sprendimo eigą nenurodo).

Didžiausias upės gilumas (šiuo atsitikimu 0,70 m) vadinamas būklės gilumu ir, paprastai, pažymimas raide a. Numatoma, kad, tiltą pastačius, nustatytas vagos dugnas (jei nėra lovio) arba lovio viršus bus nuo natūralaus vandens paviršiaus (vadinasi, nuo to paviršiaus, koksai buvo prieš tilto pastatymą) gilumoje a.

15. Natūralių hidrauliškų vagos elementų matavimas

Kad nereiktų taikyti Kestlino — Nikolaji normų ir paskui nuoseklaus prisiartinimo keliu rinkti tekamo vandens horizonto, galima išmatuoti natūralius hidrauliškus vagos elementus: a) gyvąjį skrodį, b) aukščiausią vandens horizontą, c) vidutinį greitį, d) išilginį nuolydį ir pagal jų davinius nustatyti debitą Q. Reikia nepamiršti, kad išilginis prie tilto nuolydis, įvestas į Chézy formulę, yra upės paviršiaus nuolydis, tad tiksliau yra jį nustatyti aukščiausio vandens paviršiaus niveliuote arba pagal aukščiausio vandens vagoje tekėjimo žymes.

Jei talvege vanduo tolygiai teka, tai atliekama talvego dugno niveliuotė gali pamainyti paviršiaus niveliuotę, nes šiuo atsitikimu paviršiaus ir dugno nuolydžiai esti vienodi.

16. Tiltų angų nustatymas

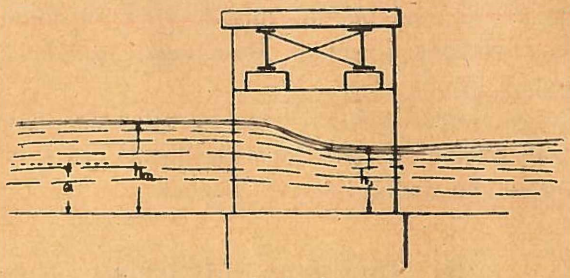
Jei tiltų angos būtų imamos lygios didžiausiam upės platumui, tai tektų atlikti didelius darbus, kurie pabrangintų statybą. Tad dažniausiai ekonomišku sumetimu, kurį projektuotojas visada turi turėti galvoje, yra tikslu tilto angą imti kiek siauresnę už upės plotį, davus siauresnį vandeniui praėjimą su mažu paspyrimu (vadinasi paaukštinus jo horizontą) prieš tiltą. Toksai susiaurinimas esti tikslus ligi tam tikrų ribų, nes padidinus vandens horizontą, jis apsemia aukščiau esančias baseino dalis ir pradeda smarkiau tekėti ties tiltu ir žemiau. Dėl to gali įvykti pavojingų paplovimų. Be to, kai kuriais atsitikimais tektų žymiai paaukštinti tiltų pylimus.

Anksčiau, apskaičiuojant mažų tiltų ir vamzdžių angas, skyrė du atsitikimus: a) vandens tekėjimas akmeniniais vamzdžiais ir pro plačius tiltus buvo prilyginamas tekėjimui per storą užtvankos sienelę, b) vandens tekėjimas pro siaurus tiltus buvo prilyginamas tekėjimui per ploną užtvankos sienelę.

Pirmuoju atsitikimu angai apskaičiuoti naudojosi Bresso formulėmis, antruoju — Diubua (Dubois).

Dabar gi tiek teoretiški samprotavimai, tiek ir praktiški tėmijimo daviniai daugelį specialistų įtikino, kad taikyti Diubua formules tiltų angoms apskaičiuoti yra netikslu. Kur kas tiksliau apskaičiuoti tiltų angas liūčių debitams pagal vadinamas Bresso formules, prilyginant vandens tekėjimą tiek pro vamzdžius ir pro plačius tiltus, tiek ir pro siaurus tiltus vandens tekėjimui per užtvankas su stora sienele.

Reiškinys vyksta tokiu būdu: vanduo priteka prie tilto būklės greičiu v, esant upės gyliui a. Kai tiltas susiaurina natūralę vandens tekmę, prieš tiltą susidaro vandens paspyris, tąsyk upė pagilėja ligi kai kurio dydžio h_n (34 brėž.). Veikiant paspyriui vandens



34 brėž.

greitis po tiltu padidėja ligi lydžio v_1. Praėjus pro tiltą, vandens tekėjimo greitis ir upės gilumas sumažėja; toliau vanduo teka natūraliomis sąlygomis.

Kai tiltas ir pylimas susiaurina liūčių vandens tekmės vagą, tąsyk tekmė neturi upės išvaizdos, bet atrodo lyg vandens tvenkinys, iš kurio vanduo teka pro tilto angą, kaip per apsemtą užtvanką su stora siena, už kurios yra tokio pat pločio kanalas, kaip ir anga.

Galima laikyti, kad vandens tekėjimas tokiam kanale yra nusistatęs.

Pažymėsim:

ω — vandens tekmės skersinio piūvio plotą,

μ — srovės susitraukimo koeficientą,

b — tilto angos dydį (statkertinio piūvio angai),

v_1 — tekėjimo greitį, h_1 — tekmės gilumą } lygiagretiškų tilto sienų ribose.

k — paspyrį, kuris esti ekvivalentu pritekamo prie tilto vandens greičio (v) įtakai į v_1 $\left(k = \frac{v^2}{2g}\right)$

h_n — prieš tiltą paspirto vandens pilną gilumą.

Tokiu atsitikimu vandens tekmės piūvyje debitą, žemiau tilto, galima taip išreikšti:

$$Q = \mu . \omega . v_1 = \mu . b . h_1 . v_1 .$$

Pagal gyvųjų jėgų dėsnį (gyvosios jėgos prieauglis lygsta visų jėgų darbui), bet kuriai vandens didelei su mase m, kuri iš aukščio h_n krinta žemiau ligi aukščio h_1 gauname:

$$\frac{m . v_1^2}{2} - \frac{m . v^2}{2} = m . g (h_n - h_1)$$

(v — vidutinis pritekamo vandens greitis, kai gylis h_n, o v_1 — greitis kanale, kai gylis h_1, g - sunkumo jėgos greitėjimas); iš čia:

$$v_1^2 = 2g (h_n - h_1) + v^2 = 2g \left(h_n - h_1 + \frac{v^2}{2g}\right)$$

arba pakeitę $\frac{v^2}{2g}$ ekvivalentinio paspyrio pažymiu k, gauname:

$$v_1 = \sqrt{2g (h_n - h_1 + k)} .$$

Įstatę dydį v_1 į pirmutinę debito lygtį, gauname:

$$Q = \mu . b . h_1 v_1 = \mu . b . h_1 \sqrt{2g (h_n + k - h_1)} .$$

Didžiausias debitas pro tiltą bus, kai:

$$h_1 = \frac{2}{3}(h_n + k)^*$$

Tad tokiu atsitikimu tekėjimo greičio dydį tilto vietoje $v_1 = \sqrt{2g(h_n + k - h_1)}$ galima išreikšti tokia formule:

$$v_1 = \sqrt{2g\frac{h_n + k}{3}}.$$

Iš paskutinių lygčių galima nustatyti paspirtos tekmės vandens gilumą prieš tiltą, kuris reikalingas paspirtam horizontui apskaičiuoti.

$$h_n = \frac{3v_1^2}{2g} - k, \quad \text{arba} \quad h_n = \frac{3v_1^2 - v^2}{2g} \left(\text{nes } k = \frac{v^2}{2g}\right).$$

Įstatę dydžius h_1 ir v_1 į aukščiau nurodytą debito lygtį, gauname:

$$Q = \mu.b.h_1.v_1 = \mu.b.\frac{2}{3}(h_n + k)\sqrt{2g\frac{h_n + k}{3}} = \frac{\mu.b.v_1^3}{g},$$

iš čia nustatomas angos dydis:

$$b = \frac{g.Q}{\mu.v_1^3}.$$

Aukščiau nurodytais daviniais ir yra išvestos dydžiams b, h ir h_1 nustatyti formulės; jos vadinamos Bresso formulėmis:

$$b = \frac{g.Q}{\mu.v_1^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

$$h_n = \frac{3v_1^3}{2g} - k = 1{,}5\,h_1 - k \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

$$h_1 = \frac{v_1^2}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

*) Pagal duotus μ, h_n ir h_1 skirtam angos dydžiui (b) debitas Q bus didžiausias tada, kai greičio v_1 dydis lygtyse:

$$v_1 = \frac{Q}{2g.b^2} = \mu^2.h_1^2(h_n + k - h_1)$$

pasieks savo maximum'o; paėmę pirmą darytinę funkciją pagal h_1 ir prilyginę ją nuliui, gauname:

$$\frac{dv_1}{dh_1} = \mu^2(2h_1.h_n + 2h_1.k - 3h_1^2) = 0$$

iš čia:

$$h_1 = \frac{2}{3}(h_n + k).$$

kur:

b — tilto anga,

v_1 — pro tiltą vandens tekėjimo greitis,

h_n ir h_1 — atitinkamas vandens gilumas prieš tiltą ir po tiltu

μ — srovės susitraukimo koeficientas.

Šitas koeficientas pareina nuo tilto paramų apibrėžimo ir dalinai nuo angos dydžių.

Sugretinant šito koeficiento dydį pagal Navje ir Kruazet — Denuajerą, prof. Perederis pataria imti jį tokiose ribose:

Apskritimo lanko arba ovalo formos su išleidžiamais sparnais vamzdžiams, taip pat mažiems tiltukams, kai yra kūgiai arba šlaito sparnai (sienutės), . . . μ = nuo 0,85 ligi 0,95.

Ovalo formos vamzdžiams be sparnų . . . $\mu = 0{,}70$.

Dabar laikoma tikslesniais:

Mažiems tiltams . . . $\mu = 0{,}855$.

Vamzdžiams su šlaito sienutėmis . . $\mu = 0{,}90$.

Įstatę šituos μ koeficiento dydžius ir sunkumo jėgos greitėjimo dydį ($g = 9{,}81$ m/sek²) į aukščiau nurodytas formules, gauname tokias angų ir vandens gilumo dydžiams apskaičiuoti formules:

	metr. sistemoje
Mažiems tiltams	$b = 11{,}49 \frac{Q}{v_1^3}$, $h_n = 0{,}15\, v_1^2 - k$; $h_1 = 0{,}10\, v_1^2$;
Vamzdžiams su šlaito sienelėmis	$b = 10{,}9 \frac{Q}{v_1^3}$, $h_n = 0{,}15\, v_1^2 - k$; $h_1 = 0{,}10\, v_1^2$.

Į visas šitas formules įeina tekamo pro tiltą vandens greičio dydis (v_1), tačiau šitas greitis priklauso nuo tilto angos b, tad lygtyse $b = \frac{gQ}{\mu v_1^3}$ yra du nežinomieji b ir v_1; jas galima išspręsti tik vieną tų dydžių iš anksto užsidavus.

Dėl to angą tenka skaičiuoti tokiu būdu.

Pasiremdami 5 lentelėje nurodytais leidžiamais greičiui dydžiais, imame atitinkamą dydį v_1 ir, įstatę jį į formulę (10) nustatome reikalingą angai b dydį.

Tokiu būdu nustatytas dydis, paprastai, ne visai atitinka normalaus tipo tiltų angų dydžius, nes tokių tiltų angos projektuojamos apvaliais skaičiais. Tad išvestas dydis pakeičiamas dydžiu b_1, kuris atitinka arčiausio (didžiausio) tipiško tilto angą.

Gavę galutiną angos dydį (b_1), pagal lygtis (10) nustatome tikrąjį po tiltu vandens tekėjimo greitį:

$$v_1 = \sqrt[3]{\frac{g.Q}{\mu.b_1}}.$$

Paskui įstatę dydį v_1 į formules (11) ir (12), apskaičiuojame dydžius h_n ir h_1

17. Leidžiami paspyrio dydžiai

Paspyrio dydis (h_n) neturi prašokti leidžiamų ribų, pareinamų nuo tyrinėjimų metu išaiškinamų vietos sąlygų, nes kitaip, užliejus vandeniu aukščiau esamas žemes, tektų atlyginti nuostolius, kurie gali daugiau atseiti, negu pati statyba. Be to, didelis vandens paspyrimas gali pareikalauti aukštesnio pylimo ir tilto, tatai kaštuotų brangiau, negu kiek padidinus tilto angą. Visa tai reikia įvertinti. Abejotinais atsitikimais reikia apskaičiuoti pastatų kainą pagal įvairius variantus ir išrinkti iš jų tą, kuris yra tikslesnis ir ekonomiškesnis.

Be to, reikia laikytis tokių techniškų reikalavimų:

a) kelio pylimo briauna turi būti aukščiau už paspirto vandens horizontą ne mažiau kaip 1 m,

b) tiltų ramtų poferminių akmenų viršus arba spraginės konstrukcijos apačia irgi turi būti aukščiau už paspirtą horizontą ne mažiau kaip 1 m.

c) akmeniniuose ir betoniniuose vamzdžiuose vandens horizontas turi būti ne aukščiau kaip per 0,75 viso vamzdžio aukščio (skersmens), skaitant aukštį šviesangyje. Tačiau, vis dėlto skliautuose su didesne kaip 0,33 strėle, nuo vandens horizonto ligi skliauto viršaus turi būti tarpas ne mažesnis kaip 0,80 m, o kai gulstesni skliautai, tąsyk ne mažesnis kaip 0,50 m.

Vamzdžiams be paaukštinto slenksčio mažiausias pylimo aukštis nustatomas ta sąlyga, kad atstumas nuo išorinio skliauto paviršiaus ligi apdaro pado būtų ne mažesnis kaip 0,5 m.

18. Leidžiami vandens tekėjimo greičiai.

Leidžiami vandens tekėjimo greičio dydžiai, kurie pareina nuo grunto rūšies ir vagos sustiprinimo būdo, nurodyti 5 lentelėje (pagal J. Engelgardt):

5 lentelė.

Vagos rūšis	Leidžiamas tekėjimo greitis vagos dugne m/sek.	Atatinkamas vidutinis visos vandens tekmės greitis v_1 m/sek.
Susigulėjęs smėlio gruntas	1,00	1,25
Susigulėjęs molio gruntas	1,20	1,50
Rupus žvyras, smulkus žvirgždas (iki 2,5 cm)	1,50	1,85
Akmenuotas gruntas arba vienaeilis grindinys	2,00	2,35
Uolenų gruntas arba dvieilis grindinys	3,00	3,40
Vieneilis grindinys langais pintoje tvoroje	3,50	3,95
Akmenimis išklotas latakas arba dvieilis grindinys langais pintoje tvoroje . .	4,00	4,50
Medinis latakas	6,00	6,55

Profesoriai Kryninas ir Perederis nurodo surašytus 5 a lentelėje leidžiamus vandens tekėjimo greičius (pagal 1930 m. SSSR plentų, gruntkelių ir auto transporto valdybos instrukciją jie oficialiai priimti mažų tiltų ir vamzdžių angų skaičiuotei).

Vaga sustiprinama tam, kad pagreitinus leidžiamą vandens tekėjimą v_1, prisilaikant tikro reikalingumo ir ekonomiškumo. Jei projektuotojas nėra pakankamai prityręs, tai visais abejotinais atsitikimais reikia apytikriai apskaityti, išvesti kainą pagal įvairius variantus ir iš jų išrinkti geriausią. Apskritai, galima nurodyti, kad: a) mediniai prie tiltų latakai mažai kur vartojami, nes jie

5 a lentelė.

Vagos rūšis	Greitis	
	Leidžiamas dugne v_d	Vidutinis skaičiuojamasis v_1
Dumblo gruntas	0,10	0,15
Smulkus smėlis	0,25	0,35
Stambus smėlis, velėnavimas	0,60	0,80
Vidutinio rupumo molio gruntai (priemolis, priesmėlis)	0,40 — 0,75	0,55 — 0,95
Žvyras ir smulkus žyirgždas (iki $2^1/_2$ cm)	1,00	1,25
Stambus žabaras ir žvirgždas	1,20	1,50
Kietas molis, velėnavimas sienele . . .	1,50	1,80
Akmenuota žemė, vienaeilis grindinys .	2,15	2,50
Uola, dvieilis grindinys	3,10	3,50
Klinkerio mūras ant cemento skiedinio .	4,00	4,50
Latakas iš laukakmenių, betono, pintinė tvora langais su akmens užpilimu . .	4,50	5,00
Medinis latakas	6,00	6,60

neilgai laiko ir yra pavojaus juos išplauti. Kad išvengus, tenka labai gerai sustiprinti jų pamatą. Toks vagai sustiprinti būdas tinka ten, kur esti mediniai vamzdžiai, taip pat tinka sustiprinti vagą ties gelžbetoninių vamzdžių galais.

b) Akmeniniai latakai įtaisomi akmeniniuose ir betoniniuose vamzdžiuose, kartais ir prie mažų angų tiltų, paprastai, ne didesnių kaip 2—4 m.

c) Dažniausiai mažų tiltų vagos, jei jų grunto rūšis reikalauja dirbtinio sustiprinimo, sustiprinamos vienaeiliu arba dvieiliu grindiniu. Paprastai, išgrindžiama ligi kūgių galų, vadinasi, ligi pylimo šlaitų pado.

19. Lovio nuolydis

Kad vienodu greitumu tekėtų pro tiltą vanduo, reikia vamzdžių latakams ir patiems tiltams duoti tam tikrą nuolydį.

Tokio nuolydžio dydis nustatomas:

a) pagal Bazeno formulę:

$$i = \left(\alpha + \frac{\beta}{R}\right)\frac{v_1^2}{R} \text{ *)} \quad \ldots \quad (13)$$

b) arba pagal Gangiulije — Kuttero formulę:

$$i = \frac{v_1^2(\sqrt{R} + 23n)^2}{\left(23 + \frac{1}{n}\right)^2 R^2} \quad \ldots \quad (14)$$

Kur: R — pavandeninis radijusas,

n — šiurkštumo koeficientas (akmens arba betono mūriniui $n = 0{,}017$, o $\frac{1}{n} = 59$).

v_1 — po tiltu vandens tekėjimo greitis.

Paprasto tipo akmeniniams arba betoniniams loviams (vamzdžių), esant didžiausiam greičiui $v_1 = 4{,}50$ m/sek. išskaičiuoti pagal šią formulę nuolydžių dydžiai nurodyti 6 lentelėje:

6 lentelė.

R	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
0,00	—	2,1072	0,6525	0,3354	0,2121	0,1494	0,1128	0,0894	0,0732	0,0612
0,20	0,0528	0,0456	0,0405	0,0360	0,0324	0,0294	0,0268	0,0245	0,0225	0,0209
0,40	0,0197	0,0183	0,0171	0,0161	0,152	0,0144	0,0136	0,0130	0,0124	0,0119
0,60	0,0113	0,0108	0,0104	0,0099	0,0095	0,0092	0,0089	0,0086	0,0083	0,0080
0,80	0,0078	0,0075	0,0072	0,0070	0,0068	0,0066	0,0064	0,0062	0,0061	0,0059
1,00	0,0058	0,0056	0,0055	0,0054	0,0053	0,0052	0,0050	0,0049	0,0048	0,0047
1,20	0,0046	0,0045	0,0044	0,0043	0,0043	0,0042	0,0041	0,0049	0,0039	0,0039
1,40	0,0038	0,0037	0,0037	0,0036	0,0035	0,0035	0.0034	0,0034	0,0033	0,0033
1,60	0,0032	0.0032	0,0031	0.0031	0,0030	0,0030	0,0029	0,0029	0,0028	0,0028
1,80	0,0028	0,0027	0,0027	0,0027	0,0026	0,0026	0,0026	0,0025	0,0025	0,0025
2,00	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0023	0,0023	0,0023	0,0023	0,0022	0,0022

*) Šita formutė išvedama iš 9 formulės. α ir β koeficientų dydžiai pareinami nuo lovio paviršiaus, nurodyti 3 lentelėje. Paprasto tipo akmeniniams arba betoniniams loviams formulė tokia:

$$i = \left(0{,}00024 + \frac{0{,}00006}{R}\right)\frac{v_1^2}{R} \text{ metrais.}$$

20. Bresso formulės netinkamumo atsitikimai.

Reikia atsiminti, kad nurodytos Bresso formulės taikomos su sąlyga, kad h_1 ne mažesnis už a — nesuvaržytos upės gilumą.

Tais, labai retais, atsitikimais, kada pagal vietos sąlygas h_1 gaunamas mažesnis už a, laikoma, kad upės po tiltu gilumas (h_1) lygsta nesuvaržytos upės gilumui (a), vadinasi, $h_1 = a$ ir angos dydis nustatomas pagal formulę:

$$Q = \mu . b . a . v_1 ,$$

iš čia

$$b = \frac{Q}{\mu . a . v_1} .$$

Tokie atsitikimai galimi tik upėms su labai siaura, gilia ir smarkiai įsirėžusia vaga, jei po tiltu, kai nežymus debitas, labai smarkiai teka vanduo, arba, jei anga projektuojama didesnė, negu kad reikia pagal esamą debitą, kad išvengus užsikimšimo. (tokios angos tilto naudingo veikimo koeficientas vis dėlto nebus maksimalis, nes nėra įvykdyta sąlyga $h_1 = \frac{2}{3} (h_n + k)$.

Nestatkertiniam piūviui pataisa. Visos aukščiau nurodytos formulės yra išvestos laikant, kad gyvasis upės po tiltu skrodis turi statkertinę formą, tikriau sakant, jos taikomos tiltams ir vamzdžiams, kurių sienelės (upių gyvame skrodyje) sudaro vertikalę plokštumą, pav., akmeniniai tiltų ramtai ir statkertinių arba pusapvalių vamzdžių sienelės.

Apskaičiuojant ovalinių, parabolinių, trapecinių, trikampinių ir kt.*) vamzdžių angas, esant iš anksto duotam gilumui h_1, reikia nustatytą aukščiau nurodytu būdu angos dydį pakeisti, pareinamai nuo statkertinio ir tikrojo skerspiūvio plotų santykio, tokiu apskaičiavimu, kad tikrasis plotas būtų ne mažesnis už skaičiuojamą — statkertinį.

Apskaičiuojant angas tiltų su rėmų sistemos gelžbetoninių polių taurais ir su kūgiais, kurie sudaro gyvąjį skrodį su nuožulniomis sienelėmis, reikia jas pataisyti (sumažinant angą). Be to, reikia turėti galvoje, kad gyvojo skrodžio plotas sumažės, įkalus tarpinių taurų polius. Tuo būdu anga, pagal tilto apačią, bus:

$$b_n = b - f . h_1 + n\, b_o , \ldots . (15)$$

*) Trapeciniai ir trikampiniai mediniai vamzdžiai tik laikinai įtaisomi.

kur: f — kūgio šlaito koeficientas (papastai, 1,50 arba 1,25),

b_0 — tarpinių taurų, kurie patenka į gyvąjį skrodį, storumas.

n — šitų polių atramų skaičius.

21. Skaičiavimo tvarka.

Tiltų, kurie perdengia vandens tekmes su baseinais (aukščiau tilto) ligi 60 km², angos skaičiuojamos tokia tvarka:

1. Atliekant tyrinėjimus, išaiškinamas baseino plotas, jo talvego nuolydžiai, atitinką vietos sąlygos, ir perkertamoje vietoje nuimamas skerspiūvis.

2. Paskui pagal tyrinėjimų davinius, paprastai, ant atskirų angos skaičiavimo blankų, išbraižomas talvego skerspiūvis.

3. Pagal atitinkamą empirinę formulę nustatomas didžiausias galimas liūčių vandens debitas Q.

4. Užsidavus atitinkamą tilto vietoje tekėjimo greitį v_1 nustatomas reikalingas, kaip minimum, angos dydis:

$$b = \frac{g.Q}{\mu.v^3}$$ (pagal 10 formulę).

5. Gautasis dydis (b) padidinamas ligi arčiausios tipiškos tilto angos dydžio (b_1).

6. Tokiu būdu nustatytam angos dydžiui išvedamas galimas didžiausias po tiltu tekėjimo greitis pagal formulę:

$$v_1 = \sqrt{\frac{g.Q}{\mu.b_1}}.$$

7. Įstačius tokiu būdu išvestą dydį (v_1) į formules

$$h_n = \frac{3v_1^2}{2g} - k \quad (10) \quad \text{ir } h_1 = \frac{v_1^2}{g} \quad (11)$$

apskaičiuojama dydžiai h_n ir h_1.

Jei visi šitie dydžiai neprašoka leidžiamų ribų (17 §), tai anga atitinka visus reikalavimus. Jei esamomis sąlygomis paspyris prašoka leidžiamąjį, tai tąsyk reikia padidinti angą ir iš naujo skaičiuoti, kaip nurodyta 5 ir 6 p. p.

Kas dėl to, kuriais atsitikimais reikia projektuoti vamzdį ir kuriais — tiltą, tai šis klausimas gali būti išspręstas kiekvieną syk atskirai, žiūrint vietos sąlygų, svarbiausia, pylimo aukščio.

Bendrai, kur aukšti pylimai ir mažos angos, ten naudingiau ir tiksliau statyti vamzdžius, o kur, palyginti, žemi pylimai ir didelės angos — tiltus. Pylimo didumas pareina nuo vagos skerspiūvio; jis gali būti nustatytas apytikriai palyginant darbų kiekį pagal pastatymo variantų kainas.

Mažo tilto angai apskaičiuoti pavyzdys

Nustatyti mažo tilto angą, kai upės debitas $Q = 4{,}5\ m^3/sek.$, upės būklės gylis $a = 0{,}6\ m$, prie tilto pritekamo vandens greitis $v_0 = 0{,}6\ m^3/sek$ ir vidutinio tankumo molio gruntas (leidžiamas dugne greitis $w = 0{,}75\ m/sek$, vidutinis skaičiuojamas $v = 0{,}95\ m/sek$,).

Sprendimas. Ieškomoji anga $b = \frac{Q.g}{\mu.v^3} = \frac{4{,}5 \times 9{,}81}{0{,}9 \times 0{,}95^3} = 57{,}3\ m$. Šį dydį

privedame ligi artimiausio didelio metrų skaičiaus, tad gauname $b_1 = 58\ m$. Toliau pažymėtas apačioje ženklais b_1 h_1, y_1 raides taikysim pagrindiniam sprendžiamam šiame paragrafe uždaviniui, atskyrus nuo varianto (b_1 h_2, y_2), nagrinėjamo toliau. Po tiltu greitis paėmus vietoje 57,3 mt lygiai 58 m· mažai skiriasi:

$$v_1 = v.\sqrt[3]{\frac{b}{b_1}} = 0{,}95\sqrt[3]{\frac{57{,}3}{58}} \cong 0{,}95\ m/sek\ .$$

Tekamo vandens gilumas:

$$h_1 = \frac{v_1^2}{g} = \frac{0{,}95^2}{9{,}81} = 0{,}09\ m < 0{,}6\ m\ ,$$

Imame $h_1 = a = 0{,}6\ m$

Tada:

$$b_1 = \frac{Q}{\mu.a.v_1} = \frac{45}{0{,}9 \times 0{,}6 \times 0{,}95} = 8{,}3\ m\ .$$

Privedę angą ligi 9 m, gauname greitį piūvyje:

$$v_1 = 0{,}95 \times \frac{8{,}3}{9} = 0{,}87\ m/sek\ .$$

Paspyrio horizontas:

$$h_n = \frac{v_1^2}{2g} + a - k = \frac{0{,}87^2}{2 \times 9{,}81} + 0{,}6 - \frac{0{,}62^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}62\ m\ .$$

Prieš tiltą paspyris:

$$y_1 = h_n - a = 0{,}62 - 0{,}60 = 0{,}02\ m\ .$$

Apskaičiuotos angos variantų sulyginimo pavyzdys. Jei mes nutartume sustiprinti vagą po tiltu, pavyzdžiui vieneiliu grindiniu (35 brėž.),

tai galima būtų leisti greitį dugne $w_2 = 2{,}15$ m/sek. ir vidutinį skaičiuojamąjį greitį $v_2 = 2{,}5$ m/sek.

Nesigilinsime į angos skaičiavimo veiksmus, kurie jau yra žinomi, o tiktai nurodysime jo rezultatus:

Tilto anga $b_2 = 4$ m.

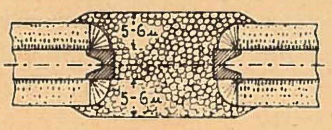
Paspyrio horizontas $h_n = 0{,}80$ m.

Prieš tiltą paspyris $y_2 = h_n - a = 0{,}80 - 0{,}60 = 0{,}20$ m.

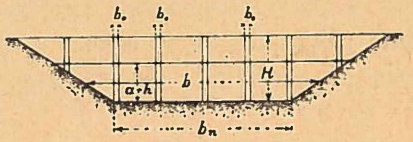
Paspyrio ilgį tekme aukštyn galima apskaičiuoti pagal apytikrią formulę $l = \frac{2h}{i}$. Taikydami ją paspyriui $y_1 = 0{,}02$ m, randame $l_1 = \frac{2 \times 0{,}02}{0{,}0026} = 15$ m, atsitikimui gi $y_2 = 0{,}20$ m $l = \frac{2 \times 0{,}20}{0{,}0026} = 150$ m.

Sulyginę abudu variantus matome, kad taikydami jų pirmąjį, gauname, palyginti, gana didelės angos tiltą ($b_1 = 9$ m), paspyris yra mažas ($y_1 = 0{,}02$ m) ir netoli tekme nueina ($l_1 = 15$ m); vagą visai nereikia stiprinti. Pagal antrąjį variantą anga mažesnė ($b_2 = 4$ m), bet paspyris didesnis ($y_2 = 0{,}20$ m) ir toliau siekia ($l_2 = 150$ m), negu pirmuoju atsitikimu. Statant tik 4 m angos tiltelį, reikia įtaisyti vagą ir per 5—6 m arba toliau išgrįsti viena eile akmenimis tilto intaką ir žiotis. Be to, reikia turėti galvoje, kad pylimo kūgiai sustiprinami, maždaug, per 1 m (kartais tik per 0,5 m) aukščiau paspyrio horizonto. Tad juo aukštesnis šis horizontas, tuo toliau reikia išgrįsti kūgių paviršių. Be to, juo aukštesnis paspyrio horizontas, tuo aukščiau turi stovėti fermos apačia, vadinasi, turi būti aukštesni tilto ramtai ir prie jų pylimai. Pagaliau, kai mažos angos, tąsyk hidrauliškos vandeniui tekėti sąlygos esti blogesnės, negu didelės angos tiltas, kai jos artėja natūralioms.

Tuo būdu nustatydamas angų dydžius technikas bendrai kalbant, neturi stengtis mažinti tokias angas. Jis turi jas sulyginti ir imti tas, kurios geriau atitinka esamas sąlygas ir yra ekonomiškesnės.



35 brėž.



36 brėž.

22. Tilto angos ir ilgio nustatymas

Jei statomas gelžbetoninis ant tokių pat polių atramų tiltas, tai gyvasis skrodis turi ne tiesiakampę, bet trapecinę formą. Dydis b. kuris tiltams ant akmeninių atramų imamas angai, šiuo atsitikimu yra vidutine trapecijos linija, jungiančia nelygiagrečių jos kraštinių vidurius (36 brėž.). Jei numatoma įtaisyti n tarpinių taurų, tai, kai kiekvieno tauro stotis b_0 ir pusantriniai pylimo šlaitai, tilto anga apačioje bus lygi

$$b_n = b - 1{,}5\,(a + y) + n\,b_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15a)^*)$$

*) Raide h 36 brėž. klaidingai pažymėtas paspyris (y), kuris formulėse žymimas raide y.

Tilto ilgis viršuje L (grindimis), kai pylimo aukštis H, bus:

$$L = b_n + 3H$$

Pavyzdys. Jei pagal 21 § sąlygas būtų statomas tiltas, tai, esant pusantriniams pylimo šlaitams, skaičiuojama anga b = 8,3 m apačioje turėtų:

$$b = 8{,}3 - 1{,}5\ (0{,}60 + 0{,}02) + 2 \times 0{,}26 = 7{,}4\ \text{m}.$$

kai pylimas 2 m aukščio, tilto ilgis viršuje:

$$L = 7{,}4 + 3 \times 2 = 13{,}7\ \text{m}.$$

Sprendžiant pavyzdį laikoma, kad tiltas yra pastatytas ant dviejų ramtų; kiekvienas susideda iš vienos eilės gelžbetoninių polių 26 cm skersmens.

23. Per negilią plačiai išsiliejusią upę tilto angos nustatymas

Nustatinėjant tiltui angą lygioje vietoje atsitinka, kad, kur negili upė, skersiniai baseino nuolydžiai esti labai gulsti ir artimi horizontalei linijai (36 a brėž.). Jei skaičiuoti tilto angą paprastu būdu, tai ji gali išeiti didelė. Tokiais atsitikimais naudingiau projektuoti

36 a brėž.

perkasą (vagą) A, kurio vanduo galėtų nutekėti, ir perdengti jį tiltu. Tada tilto anga esti daug mažesnė, negu ji būtų, jei tiltas būtų pastatytas be perkaso. Tačiau reikia pastebėti, kad iškasamas griovis, kaip ir visi kiti grioviai, turi turėti atitinkamą mažiausią nuolydį; lygioje vietoje tatai padaryti nevisada pasiseka.

24. Daudoje latako nuolydžio nustatymas

Jei vanduo teka pro angos b daudą sluoksniu, kurio storis = a, tai upės gyvasis skrodis $\omega = b_a$ suvilgintas perimetras $p = b + 2a$ ir pavandeninis radijusas $R = \frac{\omega}{p} = \frac{b_a}{b + 2a}$,

Pagal duotos daudos latako davinius galima iš 4 a ir 4 b lentelių (13 §) parinkti atitinkamą šiurkštumo koeficientą ir surasti, šiuo atsitikimu, koeficiento C dydį Chézy formulei. Jei vidutinis vandens daudoje tekėjimo greitis v, tai pagal tą pat Chézy formulę:

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Akmeninės daudos angai apskaičiuoti pavyzdis. Talvege vandens debitas Q = 20 m³/sek, tekamo vandens gilumas a = 1,00 m; pritekėjimo greitis nežymus, tad galima dydį k neskaityti. Ramtai neturi būti aukštesni kaip 3 m. Apskaičiuoti angą ir nustatyti daudos nuolydį.

Sprendimas. Atidėję nuo vandens horizonto ligi skliauto pado 0,3 m tarpą, randame, kad paspirto vandens gylis $h_n = 3,0 - 0,3 = 2,7$ m. Pagal formulę $h_n = \frac{3v^2}{2g}$ (dydis k nežymus jei $v \leq 1$ m/sek) atitinkamas vidutinis tekamo vandens greitis:

$$v = \sqrt{\frac{2}{3} g h_n} = \sqrt{\frac{2}{3} \times 9,81 \times 2,7} = 4,2 \text{ m/sek} .$$

Išklojame lovį laukakmenimis (galima klinkeriu).

Ieškomoji daudos anga:

$$b = \frac{Q.g}{\mu.v^3} = \frac{20 \times 9,81}{0,9 \times 4,2^3} = 2,95 \sim 3 \text{ m} .$$

Tekamo vandens sluoksnio storis $a = \frac{2}{3} h_n = \frac{2}{3} \times 2,7 = 1,8$ m.

Intako slenksčio ilgis 2,7 + 1 = 3,70 m ~ 4 m.

Pagal Bazin'ą šiurkštumo koeficientas $\gamma = 0,46$.

Pavandeninis radijusas:

$$R = \frac{3 \times 1,8}{3 + 2 \times 1,8} = 0,82 \text{ m} .$$

Chézy formulei koeficientas C:

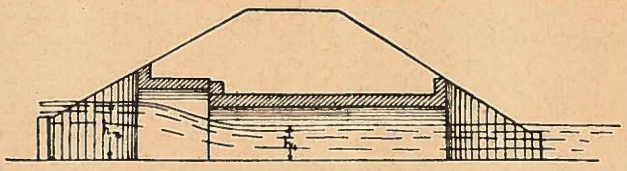
$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} = \frac{87}{1 + \frac{0,46}{\sqrt{0,82}}} = 58 .$$

Išilginis lovio nuolydis:

$$i = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{4,2^2}{58^2 . 0,82^2} \cong 0,007 .$$

25. Apvalių ir kitokių be vandens spaudimo vamzdžių angų apskaičiavimas.

Nustatinėjant apvalių vamzdžių angas numatomi du atsitikimai: a) vanduo neturi pasikelti aukščiau vamzdžio viršaus (pav., gelžbetoniniuose vamzdžiuose); tokiais atsitikimais sakoma, kad vamzdis neveikia spaudimu (neapsemiamas), b) vanduo gali pasikelti aukščiau vamzdžio viršaus, tąsyk vamzdis praleidžia vandenį spaudimu (apsemiamas, pav., 37 brėž. parodytas toks apsemia-



37 brėž.

mas vamzdis su paaukštintu intaku). Apskaičiuojant apvalių vamzdžių angas, reikia priimti domėn esamus pas darbų vykdytoją vamzdžius. Dažniau tenka dėti didesnį, negu reikia, vamzdį tik dėl to, kad jis čia pat yra, o mažesnio diametro reikia nupirkti arba išrašyti, tad pastatymas gali brangiau atsieiti. Nepasemiamų apvalių vamzdžių angoms apskaičiuoti tikslių taisyklių nėra. Pirmiausia, parenkant vamzdžių diametrą reikia vadovautis šia lentele:

Vamzdžių diametras m.	Galimas vandens debitas m^3/sek.
d = 0,70	Q = 0,45
1,00	1,05
1,50	2,95

Nustatant vamzdžio diametrą reikia nustatyti tekamo vandens sluoksnio gilumą (a) ir paspyrio horizonto aukštį (apytikriai $^3/_2$ a). Jei pasirodys, kad ne visas vamzdis išnaudojamas, tai tąsyk galima sumažinti jo diametrą.

Apskaičiuojant vamzdį reikia nustatyti nuolydį, kurį reikia duoti vamzdį dedant. Nuolydis gali būti nustatytas tokiu apskaičiavimu, kad vanduo pro vamzdį tekėtų ne smarkiau kaip 5 m/sek; smarkiau tekėdamas vanduo suardo betoninį vamzdį. Geriau vandens greitį imti mažesnį kaip 5 m/sek.

Visais skaičiavimo atsitikimais, jei tektų dėti daugiau kaip tris, greta vienas kito, vamzdžius, tai tąsyk tiksliau pastatyti tiltą (pav., mažą tiltą arba akmeninę daudą).

Padėjus mažesnio, negu tekmės natūralus, piūvio vamzdį paspyrio negalima išvengti. Tąsyk reikia tik sekti, kad paspyrio vandens horizontas nesiektų vamzdžio vidaus viršuskliaučio.

Pavyzdis. Vandens debitas $Q = 1{,}8$ m³/sek, tekamo vandens greitis $V_0 = 1$ m/sek., tekamo vandens sluoksnio aukštis $a = 0{,}25$ m. Imsime keturis vamzdžius 0,70 m diametro, dedant juos po du, per 20 m viena pora nuo kitos. Kai vandens tekėjimo greitis, pav., 2,5 m/sek ir debito koeficientas $\mu = 0{,}75$, kiekvieno vamzdžio naudingasis plotas:

$$\omega = \frac{0{,}45}{0{,}75 \times 2{,}5} = 0{,}24 \text{ m}^2 .$$

Įvairiose pasiteiravimo knygose radijusui = 1 yra nurodyti segmento ploto dydžiai (šiuo atsitikimu ω), lanko ilgiai (suvilgintas perimetras) ir strėlės ilgiai (tekėjimo gilumas). Turėdami galvoje, kad šiuo atsitikimu radijusas = 0,35 m, surandame, kad centrinis kampas, atitinkąs plotą $\omega = 0{,}24$ m², yra 225°, suvilginto perimetro dydis $p = 1{,}37$ m ir tekėjimo gilumas $a = 0{,}38$ m, vadinasi didesnis kaip $a = 0{,}25$ m. Pavandeninis radijusas $R = \frac{\omega}{p} = \frac{0{,}24}{1{,}37} = 0{,}18$ m. Toliau nuolydis apskaičiuojamas panašiai, kaip nurodyta 24 §.

Paspyrio horizontas $h_n = \frac{3}{2} a = \frac{3}{2} \times 0{,}38 = 0{,}57$ m .

Visas šitas apskaičiavimas yra apytikris.

Juo smarkiau priteka vanduo, juo labiau vamzdis esti artimesnis kanalizacijos vamzdžio veikimo sąlygoms. Tad, kai labai smarkiai priteka vanduo, galimas, kanalizacijos vamzdžiams apskaičiuoti tabelėmis pasinaudojant, netikrumas kas kart mažėja.

Stačiakampių ir trikampinių vamzdžių angų nustatymas. Stačiakampių vamzdžių angas galima nustatyti pagal tokias pat formules, kokios taikomos arkų sistemos daudoms.

Jei norima pastatyti ne stačiakampio, bet, pav., trikampio arba trapecinio piūvio vamzdį, tai pirma galima imti stačiakampio vamzdžio angą, o paskui taip suprojektuoti trikampinį arba trape-

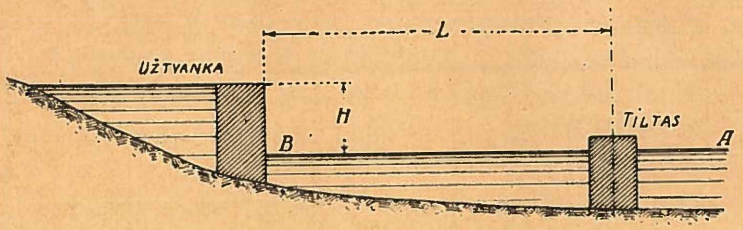
cinį vamzdį, kad vandeniui pro vamzdį pralėisti būtų tokio pat ploto anga, kokia yra gauta tiesiakampio piūvio vamzdžiui.

26. Vandens pro užtvanką prasiveržimo įtaka į vandens debitą.

Jei aukščiau projektuojamo tilto per upę yra įtaisyta užtvanka, tai jai pratrūkus, vandens debitas žymiai padidėja. Tad nustatant tiltams angų dydžius reikia į tokią aplinkybę atkreipti rimto dėmesio. Panašiai atsitinka, gal kiek silpniau, kai pratrūksta gamtos užtvankos, kurios esti sudarytos iš priverstų į kalnų upelių vagas karčių ir akmenų. Šiuo atsitikimu užtvankos pratrūkimą numatyti kur kas sunkiau, nes visai nežinoma, kur ir kokio didumo gali susidaryti užtvanka. Tiktai stropiai apžiūrint upės krantus ir vagą galima, nors ir apytikriai, nustatyti kurioje būtent vietoje ir kokio aukščio gali susidaryti užkamšų.

Užtvankos pratrūkimo įtakai apskaičiuoti imama:

Jei paprastomis sąlygomis (vadinasi, be užtvankos pratrūkimo) po tiltu aukščiausias vandens horizontas yra AB (38 a brėž),



38 a brėž.

užtvankos paspyris H, nuo užtvankos ligi projektuojamo tilto atstumas L, tai užtvankai pratrūkus tekamo vandens paviršiaus nuolydis apytikriai gali būti imamas:

$$i = \frac{H}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Jei užtvankos pratrūkimo vietoje pavandeninis radijusas yra R, tai pagal Chézy formulę, tarp tilto ir užtvankos vidutinis vandens tekėjimo greitis (užtvankai pratrūkus) lygsta:

$$v = C\sqrt{Ri} = C\sqrt{R\frac{H}{L}} \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

Žinodami pratrūkimo vietoje gyvojo skrodžio plotą ω, galima nustatyti debitą q, kuris, užtvankai pratrūkus, gali lygti:

$$q = \omega . v = C\omega \sqrt{R\frac{H}{L}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

Kad gavus bendrą, užtvankai pratrūkus, tekamo po tiltu vandens kiekį, reikia prie vandens debito Q, kurį paprastomis sąlygomis duoda liūties vanduo, pridėti nustatomą pagal formulę (9) dydį q. Tąsyk bendras vandens kiekis bus Q + q.

27. Tiltelio ar vamždio parinkimas; galutinas angos dydžio nustatymas.

Reikia pasakyti, kad gerai žinodamas visus teoriškus angai nustatyti pamatus projektuotojas ne visada gali išsyk teisingai parinkti rūšį ir angą to tilto, kurį numatytoje vietoje reikia pastatyti. Tokį uždavinį teoriškais apskaičiavimais ir nustatytomis lentelėmis tegalima išspręsti tik turint pakankamai prityrimo ir gerai žinant vietos sąlygas. Tačiau yra tokių samprotavimų, kuriuos, parenkant tilto rūšį, visada reikia imti dėmesin: a) tiltas turi atitikti ekonomiškumo principą, tad reikia stengtis išnaudoti esamą pas statytoją medžiagą, taip pat sustatinėti variantus ir juos sulyginti, b) kai aukštas pylimas, naudingiau statyti ne tiltą, bet vamzdį, c) betoninės arkų sistemos daudos, dažniausiai, statomos ten, kur esti staigūs talvegai ir daubos; kur žemi pylimai, ten tokių daudų negalima statyti, d) kur užpustomos vietos, ten apvalius vamzdžius ir betonines daudas nepatariama statyti.

Gelžbetoninių tiltų skaičiuojamas angas reikia privesti ligi artimiausio metrų skaičiaus, vadinasi, jei pav., tilto anga gaunama 3,37 m, tai ją reikia imti 4 m ir t.t. SSSR vidujinis betoniniams ir gelžbetoniniams vamzdžiams diametras, dažniausiai, imamas d = 0,70 m, kiek rečiau 1 m.

28. Pavasario vandenų nuotako sąlygų ir debito nustatymas.

Tiltų ir vamzdžių angoms su didesniais kaip 60 km² baseinais nustatyti, reikia nutraukti skersinius gyvojo skrodžio profilius, išaiškinti horizontus ir vandens tekėjimo sąlygas, paskui apskaičiuoti didžiausią galimą debitą pagal formulę.

$$Q = \omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 + \ldots . = \Sigma \omega v \ . \ . \ . \ . \quad (20)$$

kur ω_1, ω_2, ω_3 — atskirų gyvojo skrodžio dalių, kurios nevienodomis sąlygomis praleidžia vandenį, plotai, o v_1, v_2, v_3 — atitinkami jiems aukštųjų pavasario vandenų vidutiniai greičiai.

29. Gyvieji skrodžiai.

Gyvasis upės skrodis gali turėti beveik vienodo vagos gilumo išvaizdą arba, kaip dažnai esti, jis sudėtas iš giliosios vagos, kuri, pakraščiuose pereina į negilias, plačias užlietas vietas (pakrantės arba sėkliatekmė). Dažniausiai gyvasis skrodis parodo vieną vagą ir dvi sėkliatekmes (38 b brėž.).

38 b brėž.

Skersiniai upės talvego profiliai nuimami tyrinėjimų metu. Žemiausio ir vidutinio, taip pat ledo ėjimo ir aukščiausio vandens horizontas nustatomas, kiek galima, tiesioginiu tyrinėtojų stebėjimu; kas tokiu būdu negalima nustatyti, tas išaiškinama pagal vandens matavimo punktų davinius arba senų sargų parodymus.

30. Tikslesni vandens tekėjimo greičiui ir debitui nustatyti būdai.

Angai apskaičiuoti be gyvojo skrodžio dar reikia nustatyti jo tekėjimo vidutinį greitį (v_v), taip pat greitį dugne (v_d) ir paviršiumi (v_p).

Tekėjimo greitis pareina nuo išilginio nuolydžio, upės gilumo ir talvego šiurkštumo, tad, skaičiuojant, reikia gyvąjį skrodį suskirstyti į atskiras dalis maždaug vienodo gilumo, kiekvienai daliai nustatyti skerspiūvio plotus ir tekėjimo greitį (38 b brėž.).

Tekėjimo greitis nustatomas pluduru, malūnėliu ir t.t., vietoje arba apskaičiuojamas pagal empirines formules.

Tekėjimo greitis, būdamas nevienodas įvairiuose gyvojo skrodžio taškuose, kaiteliojasi tiek horizontale kryptimi, didėdamas proporcingai vandens gilumui, tiek ir vertikale kryptimi, mažėdamas, kiekvienos vertikalės matavimo taškams artėjant prie dugno.

Kad tikriau išaiškinus gyvojo skrodžio horizontale kryptimi greičių pasiskirstymą, charakteringesniuose taškuose, kur galima laukti žymaus pasikeitimo, išmatuojami vandens tekėjimo greičiai vandens paviršiuje ir dugne (ties tomis pačiomis vertikalėmis). Pagal tokius matavimus sudaromos greičių pasiskirstymo kreivosios (grafiškai): a) paviršiuje ir b) dugne.

Kreivosios sudaromos tokiu būdu: nubrėžiama gyvojo skrodžio vandens paviršiaus (arba dugno) linija ir nuo jos atitinkamuose taškuose atidedama ant vertikalių atitinkami greičio dydžiai. Sujungę tokiu būdu surastus taškus ir gauname reikiamąją kreivąją.

Vidutinis greitis nustatomas padalinus vandens paviršiaus (arba dugno) linija ir gautąja greičių linija apibrėžtą plotą iš gyvojo skrodžio pločio.

Pagal tokias kreivąsias lengva surasti vietą, kuri atitinka didžiausią tekėjimo greitį ir jo dydį (didžiausią iš vertikalių).

Kiekvienai vertikalei panašiu būdu galima sudaryti greičių pasiskirstymo kreivąją vertikale kryptimi (vadin. greičių grafiką) ir nustatyti kiekvienai vertikalei vidutinį greitį.

Kad gavus tikslesnių tėmijimo davinių, matuojama kiekviena gyvojo skrodžio charakteringesnė vertikalė:

1) per 0,30 m nuo paviršiaus,

2) „ 0,33 m gilumo nuo paviršiaus (kur numatomas smarkiausias tekėjimas),

3) tarpiniuose taškuose, pareinamai nuo gilumo, per 1,00 — 2,00 m,

4) per 0,30 m nuo dugno.

Gana tiksliai gaunamas vidutinis greitis pagal vertikalę, išmatavus malūnėliu vandens greitį gilumoje $h' = 0{,}6\ H$, kur H — upės gilumas toje vietoje. Tuo būdu vidutinis greitis ant vertikalės išreiškiamas formule $v_m = v_{0,6H}$.

Taip pat plačiai naudojasi formule:

$$v_m = \frac{v_{0,2H} + v_{0,8H}}{2}.$$

Šita formulė tinka matavimams ir po ledu.

Tiksleinių rezultatų duoda formulė:

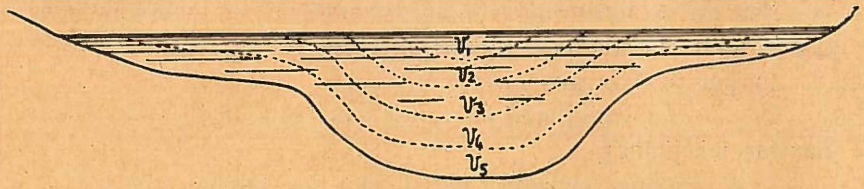
$$v_m = \frac{v_{0,2H} + 2v_{0,6H} + v_{0,8H}}{4}.$$

Kiekvienai vertikalei vidutinis tekėjimo greitis nustatomas, dalinant iš vertikalės ilgio plotą, kuris apibrėžtas: a) vertikale, b) kraštiniais iškeltais jai statmenimis ant kurių atidėti vandens paviršiaus ir dugno greičiai ir c) greičio kreivąja.

Tokiu būdu nustačius vidutinius greičius visoms vertikalėms, kurios atitinka charakteringus gyvojo skrodžio taškus, galima apskaičiuoti atskirų gyvojo skrodžio dalių debitą, padauginus vidutinių greičių dydžius iš atitinkamos gyvojo skrodžio dalies ploto.

Sudėję tokius dalinus debitus ir padalinę gautą dydį iš gyvojo skrodžio ploto, galime nustatyti ir vidutinį gyvojo skrodžio tekėjimo greitį.

Tiksliau galima apskaičiuoti visą debitą ir vidutinį viso gyvojo skrodžio tekėjimo greitį tokiu būdu: paėmę kai kurią nustatytą greičių gradaciją (v_1, v_2, v_3 ... v_n), naudodamiesi greičių kreivosiomis, surandame ant paskirstytų gyvajam skrody vertikalių atitinkamus šioms greičių gradacijoms gilumus; pagal juos išbraižomos (kaip tatai daroma braižant planą izogipsėmis) izotachos*), vadinasi, gyvame skrodyje tokių greičių pasiskirstymo kreivosios (38 c brėž.).



38 c brėž.

Apskaičiavę gyvojo skrodžio plotus, kurie atitinka kiekvieną izotachą, nustatome viso debito dydį (pagal Kulmaną):

$$Q = \omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 + \ldots\ldots + \omega_n v_n = \Sigma \omega_n v_n$$

ir vidutinį viso gyvojo skrodžio greitį

$$v_v = \frac{Q}{\Omega} = \frac{\Sigma \omega_n v_n}{\Sigma \omega_n} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

Kad galima būtų patikrinti ir surasti įvykusias klaidas, kai detaliai matuojami greičiai, reikia tuo pat laiku patikrinti gautus davinius pagal empirines formules ir, jei žymiai skiriasi, tąsyk nuodugniai išmatuoti antrą kartą greičius.

*) Izotachos 38 c brėž. pažymėtos punktiru.

Kiekvienoje gyvojo skrodžio vertikalėje vidutinio greičio v_v su atitinkamu paviršiaus greičiu (v_p) santykiavimas išreiškiamas formule (pagal Veisbachą): $v_v = 0{,}915\ v_p$, gi vidutinis paviršiuje greitis sudaro 0,915 nuo didžiausio paviršiuje greičio ($_{max}\ v_p$).

Vadinasi, pagal Veisbachą vidutinio viso gyvojo skrodžio greičio su didžiausiu paviršiaus greičiu ($_{max}\ v_p$) santykis išreiškiamas formule:

$$v_v = 0{,}915 . 0{,}915 . {}_{max} v_p = 0{,}837 . {}_{max} v_p \quad \ldots\ldots \quad (22)$$

Pilnesnį santykį įvertinant dugno šiurkštumo ir pavandeninio radijuso įtaką duoda Bazin'o formulė:

$$v_v = \frac{max\ v_p}{1 + 14\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Įvairiems pavandeninio radijuso R dydžiams koeficiento $\frac{1}{1 + 14\sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$ dydžiai nurodyti 7 lentelėje.

7 lentelė.

R metr.	$\frac{1}{1 + 14\sqrt{\alpha + \beta R}}$		R metr.	$\frac{1}{1 + 14\sqrt{\alpha + \beta R}}$	
	Žemės vaga	Žvyro vaga		Žemės vaga	Žvyro vaga
0,10	0,54	0,45	1,50	0,74	0,68
0,20	0,61	0,53	2,00	0,76	0,71
0,30	0,65	0,58	3 00	0,77	0,73
0,50	0,68	0,61	4,00	0,78	0.74
0,70	0,70	0,63	5,00	0,79	0,75
1,00	0,72	0,66	6,00	0,80	0,76

Tarp vandens paviršiaus greičio (v_p) ir bet kurioje gilumoje greičio (v_x) santykis pagal Veisbachą esti:

$$v_x = (1 - 0{,}17\frac{h_x}{h})\, v_p \quad \ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

kur: h_x — gilumas (nuo vandens paviršiaus ligi taško, kuriame nustatomas greitis).

h — visas skirtos vertikalės gilumas (nuo paviršiaus ligi dugno).

Kai $h_x = h$, greitis dugne bus:

$$v_d = 0{,}83\ v_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

Iš to matyti, kad vandens greitis dugne, maždaug, atitinka vidutinį tekėjimo greitį $\left(v_d = \frac{0{,}83}{0{,}837} v_v = \sim v_v\right)$.

Aukščiau nurodytais būdais nustatyti vandens debitus ir greičius, matuojant prie aukščiausio pavasario vandens horizonto, praktiškai beveik negalima, nes toksai vandens horizontas esti tik tada, kai smarkiai vienu laiku visur tirpsta sniegas ir itin intensyviai priteka pavasario vanduo, o tas retai atsitinka (kartais per kelias dešimtis metų).

Kadangi retai galima tėmyti aukštus vandenis, tai tenka, dažniausiai, skirtame upės skrody tyrinėti greičių nuo vandens horizontų aukštumo (esant įvairiems aukščiams) priklausomybę ir tokiais tėmijimais pasiremiant, ekstrapoliacijos keliu nustatyti ieškomus greičius aukščiausiam horizontui (pastebėtam bent per 20 paskutiniųjų metų).

Geriau tatai atlikti grafiškai tokiu būdu: nustatę įvairiems horizontams vandens greitį, išbrėžiame greičių nuo horizontų priklausomybės kreivąją (kiekvienai greičio rūšiai), atidėdami abscisių ašimi horizontų aukščius, o ordinačių ašimi atitinkančius tuos horizontus vandens greičių dydžius; paskui nustatę kreivųjų pobudį ir formą, tęsiame juos ligi aukščiausio vandens horizonto linijos perkirtimo; greičių kreivosios tęsinio su aukščiausiu vandens horizontu persikirtimo taškas duos atitinkamo greičio dydį.

Panašiu būdu gali būti išaiškintas vandens debito su jo horizontu santykis ir nustatytas didžiausias debitas, kuris atitinka aukščiausią vandens horizontą.

Kadangi toksai skaičiavimas yra gana sudėtingas, tai tiltų per mažas upes angos ir parengiamieji projektai skaičiuojami apytikriai, paprastesniu būdu, plačiai panaudojant empirines formules.

31. Palengvintas mažų upių vandens greičiams nustatyti būdas

Mažoms upėms užtenka nustatyti didžiausią vandens greitį paviršiuje pagal pavasario vandens farvaterį *). Reikia atlikti ne mažiau kaip tris tėmijimus ir išvesti iš visų trijų vidutinį greitį; tokiu būdu nustatytas greitis duos didžiausio paviršiuje greičio dydį:

$$\max v_p = \frac{\max v_p' + \max v_p'' + \max v_p'''}{3}.$$

Vidutinio greičio dydis v_v gali būti nustatytas pagal empirines formules, tad mažoms upėms patariama naudotis Bazin'o formule:

$$v_v = \frac{\max v_p}{1 + 14\sqrt{a + \frac{\beta}{R}}} \text{ m/sek}$$

Žinodami $\max v_p$ ir $R = \frac{\omega}{p}$ (kur ω — gyvojo skrodžio plotas, esant aukščiausiam vandens horizontui, o p — jo pavandeninis perimetras), lengvai galime nustatyti vidutinį greitį v_v, o pagal jį ir didžiausią debitą $Q = \omega\, v_v$.

32. Palengvintas didelių upių greičiams ir debitams nustatyti būdas

Iš skaitlingų empirinių formulių didelių upių vidutiniam vandens greičiui (v_v) nustatyti tinkamesnė yra Gangiulje - Kuttero formulė; pagal ją išvedamas greitis pareinamai nuo vandens paviršiaus išilginio nuolydžio (i) ir pavandeninio gyvojo skrodžio radijuso (R) tokia lygtimi:

$$V_v = C\sqrt{Ri}\,,$$

kur $C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$, (n — pareinąs nuo vagos grunto koeficientas).

* Išilgai upės vandens tekėjimas giliausiomis vagos vietomis.

Pažymėję: $23+\frac{1}{n}+\frac{0,00155}{i}$ raide α, ir $\left(23+\frac{0,00155}{i}\right)n$ raide β, gauname (metrais):

$$v_v=\frac{\alpha}{1+\frac{\beta}{\sqrt{R}}}\sqrt{Ri} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

α ir β koeficientų dydžiai įvairiems nuolydžiams (i), pareinamai nuo plaunamo perimetro (vagos) šiurkštumo, nurodyti 8 lentelėje.

8 lentelė.

i	n = 0,025 žemės vaga		n = 0,030 žvyrinė vaga ir pakrantės (sekliatekmės)	
	α	β	α	β
0,000001	1613,00	39,325	1606,30	47,190
0,000010	218,00	4,450	211,30	5,340
0,00005	94,00	1,350	87,30	1,620
0,00010	78,50	0,962	71,80	1,155
0,00015	73,00	0,833	66,70	1,000
0,0002	70,00	0,769	64,10	0,922
0,0005	66,10	0,652	59,40	0,783
0,0010	64,55	0,614	57,88	0,736
0,002	63,77	0,594	57,10	0,713
0,005	63,31	0,583	56,64	0,699
0,008	63,19	0,580	56,52	0,696
0,010	63,15	0,579	56,48	0,694

$R=\frac{\omega}{p}$ dydį lengvai galima nustatyti pagal gyvojo skrodžio profilį: ant jo nužymimas aukščiausio vandens horizontas ir apskaičiuojamas tokiam horizontui atitinkamas plotas (ω) ir prie tokio horizonto vandens plaunamas perimetras (p).

Kadangi sunku išniveliuoti aukščiausio vandens horizonto išilginio nuolydžio dydį (i) vietoje,*) tai, kad tiksliau apskaičia-

*) Nes labai aukštas vandens horizontas neilgai tesiasi ir žymių nepalieka, o jei ir palieka, tai labai neaiškių.

vus, tenka jį nustatyti ekstrapoliacijos keliu: išmatuoti įvairiais horizontais ir išvesti nuolydžių pasikeitimo kreivąją, pareinamai nuo horizonto pakilimo (panašiu, kaip greičiams nurodyta, būdu).

Apytikriems skaičiavimams, pav., sustatinėjant parengiamuosius projektus, tokio nuolydžio dydį galima nustatyti apytikriai (laikant, jog nuolydžiai didėja proporcingai horizonto pakilimui) pagal formulę:

$$i = \frac{\omega}{\omega'} i', \quad \ldots\ldots\ldots \quad (26a)$$

kur: ω — gyvojo skrodžio plotas, esant aukščiausiam horizontui,
ω' — gyvojo skrodžio plotas, esant išmatuotam pavasarį horizontui,
i' — pastarojo vandens horizonto nuolydis.

Nuolydį i' reikia labai tiksliai išniveliuoti, matuojant nuo tilto aukštyn, vadinasi, prieš srovę: a) kai dideli nuolydžiai per 300 — 500 m, b) kai maži — per 1 — 2 km.

33. Gyvųjų skrodžių parinkimas

Apskaičiuojant didelėms upėms vandens greičius ir debitus, tik retais atsitikimais, kai upė, turėdama labai aukštą vandens horizontą, neišsilieja iš krantų ir teka viena vaga, galima skaičiuoti iš karto visu skrodžiu. Paprastomis gi sąlygomis, kai upę plačiau ar siauriai išsilieja ir jos gyvasis skrodis turi įvairių gilumų, reikia jis suskirstyti pagal plotį į keletą vienodos rūšies dalių ir kiekvienai daliai skyrium nustatyti, pagal aukščiau nurodytą formulę, vidutinius greičius, kai esti aukščiausias vandens horizontas, paskui nustatyti ir debitą pagal formulę:

$$Q = \omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 + \ldots.$$

Dažniausiai gyvasis skrodis suskirstomas į tris dalis: a) kairioji sėkliatekmė (pakrantė), b) centralinė vaga ir c) dešinioji sėkliatekmė (37 brėž.).

Be to, negalima skaičiuoti didelėms upėms vandens debitą pagal vieną upės skrodį, bet reikia tatai atlikti pagal keletą gyvųjų skrodžių, kurie nuimti įvairiose charakteringose upės vietose.

Dažniausiai imama ne mažiau kaip trys skrodžiai: vienas projektuojamos linijos ašyje, vienas aukščiau ir vienas žemiau jos ir

išvedamas debitas, kaip vidutinis aritmetiškas, vadinasi, $Q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}$, kur Q_1, Q_2 ir Q_3 — nustatyti pagal pirmą, antrą ir trečią skrodį debitų dydžiai.

Jei pasirodytų, kad išvestas pagal bet kurį skrodį debitas žymiai skiriasi nuo kitų, tai tąsyk reikia dar apskaičiuoti vieną — du skrodžius, prieinant tokiu keliu prie tikslesnio galimo didžiausio debito dydžio.

Reikia atminti, kad tikslus debito dydžio nustatymas pareina nuo vidutinių greičių dydžių tikslumo. Betgi empirinės formulės, pagal kurias išvedamas tarp vidutinio greičio (v_v), nuolydžio (i) ir pavandeninio radijuso (R) santykis, duoda tik tokio greičio apytikrį dydį, nepriklausomai nuo upės plane nubrėžimo, kitaip sakant, nenumato upės vingiavimo, kuris iš tikrųjų gali sumažinti vidutinį greitį 10 — 15%. Tad vandens debitui nustatyti reikia parinkti, kiek galima, taisyklingesnį, vienodą upės ruožą tiesesnėje ir siauresnėje vietoje, kad gyvieji skrodžiai būtų vienodi ir nelabai ilgi.

Jei tikroji upės keliu perkirtimo vieta neatitinka tokias sąlygas, tai tąsyk būtinai reikia išmatuoti gyvuosius skrodžius ir perkirtimo vietoje. Tačiau, nustatytą jais debitą reikia patikrinti skaičiavimo keliu pagal papildomai išmatuotus gyvuosius skrodžius artimiausiam tiesiame, galimai taisyklingesniame, upės ruože.

Nustatytieji išgaubtoje ir įgaubtoje vietoje upės nuolydžiai esti nevienodi, tad, kad išvengus netikrų davinių, geriau tokius ruožus išskirti.

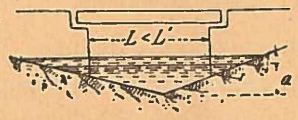
Galutiniems projektams sustatyti, pagal kuriuos turi būti statomi tiltai, pažymėtas 32 § būdas nėra pakankamai tikslus, tad tokiais atsitikimais reikia vietoje išmatuoti pavasario vandens tekėjimo greičius pagal esamą tų metų horizontą, privedant juos, kaip 30 § nurodyta, ekstrapoliacijos keliu, prie aukščiausio horizonto.

Papildomasis pratrūkusio tvenkinio debitas. Jei arti projektuojamo tilto, aukščiau tilto, yra įtaisytas tvenkinys, kurio paspirtas vandens horizontas yra aukščiau už imamą skaičiaviman aukščiausią horizontą, tai prie natūralaus debito dydžio reikia dar pridėti papildomą iš galimo pratrūkti tvenkinio vandens debitą.

34. Didelių tiltų angų skaičiavimas

Skaičiavimo pagrindas. Tiltų, kurie statomi per upes su didesniu kaip 60 km baseinu (aukščiau tilto), angos apskaičiuojamos didžiausiam galimam pavasario vandens kiekiui praleisti. Kad perdengti tekmę ne susiaurinant jos piūvio, reiktų ramtai pastatyti už aukšto horizonto ribų (38 d brėž.). Tačiau anga L' išei-

38 d brėž.



38 e brėž.

tų bereikalingai didelė, o tiltas — per brangus. Todėl ramtus suartina ligi kai kurios angos L < L' (38 e brėž.). Taigi, beveik visada anga projektuojama siauresnė, negu tokioje vietoje išsilieja upė, nes pavasario vanduo išsilieja gana plačiai; Taip susiaurinti gyvąjį skrodį, dėl labai lėto užliejamose vietose (pakrantėse) vandens tekėjimo, yra visai tikslu ir galima. Tačiau reikia siaurinti ligi galimų ribų, su sąlyga, kad toksai susiaurinimas neiššauktų neleidžiamo vandens paspyrio ir tekėjimo greičio. Tad projektuotojo uždavinys — nustatyti, kiek galima, tikslesnį, techniškų ir ekonomišku sumetimu, gyvojo skrodžio susiaurinimą, ir tilto angos dydį.

Tilto angos dydis nustatomas lygtimis: $Q = \mu\, \omega'\, v'$,

iš kur: $$\omega' = \frac{Q}{\mu \cdot v_v'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

kur: Q — didžiausias galimas pavasario vandens debitas.

ω' — reikalaujamas po tiltu gyvojo skrodžio plotas,

μ — srovės susitraukimo koeficientas,

v'_v — po tiltu vidutinis vandens tekėjimo greitis.

Q dydis nustatomas 28 § nurodyta tvarka. μ koeficientas parodo kokią įtaką turi sūkuriai tekėjimui, kurie susidaro ties tilto ramtais ir taurais natūralų gyvąjį skrodį susiaurinus. Šis koeficientas, kuris pareina nuo taurų formos, kai vidutinio didumo anga, turi šiuos dydžius:

a) ne didesnėms kaip 50 m angoms, kai tiesiakampiai taurai (plane) . . . . . $\mu = 0{,}85$

b) tokioms pat angoms, kai apvalūs taurų galai . $\mu = 0{,}90$

c) „ „ „ „ smaili „ „ $\mu = 0{,}95$

d) didesnėms kaip 50 m angoms taurų forma neturi reikšmės, tad tokioms angoms imama . $\mu = 0{,}95$

Kas dėl v'_v dydžio — po tiltu vidutinio vandens greičio, tai jį iš karto negalima apskaičiuoti, nes jis priklauso nuo tilto angos didumo, kuris nežinomas.

Kadangi angos didumas pareina nuo vandens debito ir tekėjimo greičio, o greitis nuo angos, tai didelių tiltų angas, kaip ir mažų tiltų, tenka apskaičiuoti prisiartinimo keliu, vadinasi, pasiremiant nustatytais daviniais, duoti tą ar kitą angai dydį ir jį patikrinti aukščiausio vandens praleidimo atžvilgiu.

Reikalinga tilto anga gali būti nustatyta, žiūrint grunto rūšies ir numatomų ramtų pamatų sistemos: a) *be vagos išplovimo*, b) *su leidžiamu vagos išplovimu.*

Pirmuoju būdu anga nustatoma ten, kur vaga turi užtektinai stiprų paviršiaus gruntą, kuris leidžia pagreitinti būklės greitį ir kur gruntai yra taip susiklostę, kad gali būti taikomi negilūs pamatai. Šiuo atsitikimu tilto anga nustatoma tokiu apskaičiavimu, kad vanduo tekėtų tilto ramtais susiaurinta vaga ne smarkiau nustatyto leidžiamo greičio, žiūrint esamos vagos rūšies.

Antruoju būdu anga nustatoma ten, kur silpnas, lengvai išplaunamas vagos gruntas ir kur gruntas taip susiklostęs, kad tenka taikyti gilius pamatus (kesono, nuleidžiamų šulinių ir kt.). Šiuo atsitikimu anga apskaičiuojama su leidžiamu vagos išplovimu, bet ne peržengiant tam tikrų ribų, vadinasi, kad dėl leisto vagos išplovimo netektų labai giliai ir neekonomiškai įleisti ramtų pamatus ir, kad ligi išplovimo vandens paspyris prieš tiltą ir vandens greitis po tiltu neprašoktų leidžiamų ribų. Laikoma, kad visas išplovimas paliauja veikęs tada, kai, padidėjus gyvajam skrodžiui, po tiltu vandens greitis sumažės ligi būklės greičio, kitaip sakant, ligi pirmykščio vidutinio natūralios tekmės greičio.

Plaukiojamosioms upėms abiem atsitikimais reikia patikrinti pasireiškusius dėl vagos susiaurinimo vandens greitį ir paspyrio dydį; jie neturi būti didesni už tuos, kuriuos leidžia laivininkystės sąlygos. Be to, reikia patikrinti vandens paspyrį galimo (aukščiau esančių pakraščių) užliejimo atžvilgiu.

Nekliudomai laivams plaukioti normalus vandens greitis paviršiuje (v_p) laikomas 1,5 m/sek, ypatingais atsitikimais, gavus tam tikrą leidimą, imamas ligi 2,10 m/sek.

Plaukiojamosioms ir plukdomosioms upėms leidžiamas mažas vandens paspyris, būtent: plaukiojamosioms — 0,065 m, plukdomosioms — 0,30 m. Kitoms upėms ir vandens tekmėms vandens paspyris esti toks, koks leidžiamas aukštesnių vietų užliejimo atžvilgiu. Šis paskutinysis paspyris turi būti išaiškintas vietoje, kai atliekami tyrinėjimai.

Kas liečia leidžiamų (be išplovimo), žiūrint grunto, vandens greičio dugne dydžių, tai paduotos įvairių mokslininkų normos žymiai skiriasi vienos nuo kitų, tad šiuo klausimu negalima duoti visai tikslių nurodymų. Bet vis dėlto, kad išvengus plovimo, nepatariama leisti vandeniui tekėti dugnu (v_d) greičiau, negu nurodyta 9 lentelėje.

9 lentelė.

Dugno grunto rūšis	Nustatytas (v_d) dydis m/sek
Vidutinis smėlis	0,40
Susigulėję smėlėti ir vidutiniškai molėti gruntai	1,30
Susigulėjęs molis ir žvirgždas	1,50
Stambus akmuo ir kieti akmenuoti gruntai	2,10
Kalnų padermės (uolos)	3,20
Kietos uolos	4,25

Iš atliktų prie daugelio tiltų tėmijimų matyti, kad kur susigulėjusio molio vagos, ten vanduo, tekėdamas dugne net ligi 1,80 m/sek greitumo, neišplauna vagos. Toksai reiškinys aiškinamas tuo, kad aukštas vanduo teka trumpą laiką ir, jei vienur kitur išplauna, tai greit tas vietas vėl užneša.

Anga, žiūrint leidžiamo ar neleidžiamo plovimo, apskaičiuojama žemiau nurodytais būdais.

35. Angos nustatymas, kai neleidžiama išplauti vagą

Jei vaga negali būti išplaunama tai reikiamas gyvojo skrodžio po tiltu plotas ω' nustatomas šia lygtimi:

$$Q = \mu . \omega' . v'_v,$$

iš kur: $$\omega' = \frac{Q}{\mu . v'_v},$$

kur: Q — didžiausias galimas aukščiausio vandens debitas,
v'_v — vidutinis po tiltu tekėjimo greitis,
μ — srovės susitraukimo koeficientas.

Pirmu prisiartinimu, kaip ir mažų tiltų angoms, imamas, žiūrint vagos grunto rūšies, leidžiamas vidutinis greitis (v'_v), nustatant jį plaukiojamosioms upėms tokio paviršiuje didumo, kokio reikalauja laivininkystės sąlygos.

Nustatę tokiu būdu apytikrį dydį ω' ir suderinę su praktikuojamomis angomis, schematiškai pažymime ant profilio projektuojamojo tilto ramtus ir taurus tokiu apskaičiavimu, kad gyvojo skrodžio plaunamas plotas (tarp ramtų, išskyrus taurus) būtų visai artimas ω', be to, galima numatyti upės krantų ligi vidutinio vandens lygio nukasimą; toks nukasimas daromas mažais nuolydžiais nuo tilto aukštyn ir žemyn, pav., per 60 — 100 m į vieną ir kitą pusę.

Dažniausiai tarp krantinių ramtų atstumas imamas ne siauresnis už didžiausią gyvojo skrodžio platumą, prie vidutinio (vasaros normalaus) vandens horizonto.

Bendros angų dydžiams parinkti sąlygos nurodytos 37 §.

Nužymėję tilto angą (L), tiksliai apskaičiuojame tikrąjį gyvojo skrodžio po tiltu (ω' plotą, prie aukščiausio vandens horizonto; pagal jį ir didžiausią vandens debitą Q patikrinama ar parinkta anga atitinka leidžiamus vandens tekėjimo greičius ir paspyrį.

a) vidutinis po tiltų greitis nustatomas bendra formule:

$$v'_v = \frac{Q}{\mu . \omega'},$$

b) atitinkamas didžiausias paviršiuje vandens tekėjimo greitis pagal Veisbacho formulę:*)

$$_{max}v'_p = \frac{v'_v}{0{,}837}.$$

Plaukiojamose upėse vanduo neturi smarkiau paviršiumi tekėti, negu 34 § nurodyta.

*) Taip angos tikrinamos tik per plaukiojamas upes.

c) vandens tekėjimo greitis dugne pagal Veisbacho formulę:

$$v'_d = 0{,}83_{max}\, v'_p .$$

Šitas greitis neturi prašokti 34 § nurodyto dydžio v_d, kuris atitinka esamą vagos gruntą arba buvusį ligi gyvojo skrodžio susiaurinimo centrinės vagos greitį dugne.

Nustatant vandens paspyrio dydį tenka nurodyti, jog skiriama dvi rūšys paspyrio: a) vadinamas *tariamas paspyris* (y'), vadinasi, vandens sudaromas slenkstis, kuris parodo tarp paspirto vandens lygio prieš tiltą ir kiek pažeminto lygio po tiltu (labiausiai suspaustoje srovės dalyje) skirtumą ir b) *tikrasis paspyris* (y) vadinasi, tarp paspirto ir normalaus vandens horizontų (buvusio ligi vagos susiaurinimo) lygio skirtumas. Pirmuoju atsitikimu reikia nustatyti tokį greičio dydį, kad y' būtų ne didesnis kaip: plaukiojamosioms upėms — 0,065 m/sek, o plukdomosioms — 0,30 m/sek.; tikrojo paspyrio dydis nustatomas tam, kad galima būtų spręsti, kurias gretimas vietas vanduo gali apsemti.

a) tariamojo paspyrio dydis nustatomas tokiu būdu: jei paspyrio prieš pat tiltą vietoje vidutinį vandens tekėjimo greitį pažymėsime raide v_v, tai:

$$Q = (\omega + L\,y')\,v_v, \text{ iš kur } v_v = \frac{Q}{\omega + Ly'},$$

kur: ω — nesuvaržyto gyvojo skrodžio plotas.

Ly' — šiam plotui paspyrio sluoksnio priedas; dėl mažo y' dydžio tokio sluoksnio plotį, galima apytikriai laikyti lygiu laisvojo gyvojo skrodžio viršuje pločiui, esant aukščiausiam vandens horizontui.

Pagal gyvųjų jėgų dėsnį:

$$\frac{m\,v'^2_v}{2} - \frac{m\,v_v^2}{2} = m.g.y', \text{ iš kur: } y' = \frac{v'^2_v - v_v^2}{2g}$$

kur: v'_v — po tiltų vidutinis tekėjimo greitis.

Įstatę vietoje v'_v ir v_v jų dydžius $\left(\frac{Q}{\mu.\omega'}\right.$ ir $\left.\frac{Q}{\omega + Ly'}\right)$

gauname: $$y' = \frac{Q^2}{2g}\left[\frac{1}{(\mu.\omega')^2} - \frac{1}{(\omega + Ly')^2}\right].$$

Kadangi y′ įeina į abi lygčių dalis, tai iš pradžių tenka nustatyti apytikrį y′ dydį, neskaitant mažos sandaugos Ly′, tąsyk

$$y'_{ap} = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{(\mu\omega')^2} - \frac{1}{\omega^2}\right).$$

Įstatę gautąjį dydį y'_{ap} į pirmąją aukščiau nurodytos pilnos formulės dalį, galime nustatyti ieškomąjį tariamo paspyrio dydį:

$$y' = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{(\mu.\omega')^2} - \frac{1}{(\omega + Ly'_{ap})^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

b) Tikrojo paspyrio dydis (y) paprasčiausiai nustatomas su kai kuriuo praktiškai leidžiamu netikslumu paga formulę:

$$y = \frac{v'_v{}^2}{2g} - \frac{v_v{}^2}{2g} = \frac{v'_v{}^2 - v_v{}^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

kur: v'_v — po tiltu vidutinis greitis,

v_v — nesuvaržyto gyvojo skrodžio vidutinis greitis (būklės).

Jei tokiu būdu nustatytieji, esant parinktai tilto angai (L), vandens greitis ir paspyris neprašoka leidžiamų ribų, tai anga yra pakankama; priešingu atsitikimu jį reikia kiek padidinti ir tokiu pat būdu iš naujo patikrinti.

Kartais, jei norima padidinti leidžiamą dugno greitį, yra tikslu suprojektuoti dirbtiną vagos sustiprinimą, pav., žabų kūleliais, prikrovus akmenų, arba poliais, tankiai juos sukalus ir prikrovus tarpus akmenų. Tokiu būdu padidinamas greitis dugne v'_d ligi 2 ir daugiau m/sek.

Be to, reikia numatyti kai kurį gyvojo skrodžio sumažėjimą, kuris atsiranda dėl dugno sustiprinimo.

Dugnui sustiprinti būdas nustatomas pagal apytikrį įkainavimą, žiūrint atskirų variantų.

Jei tenka padidinti angą dėl per greito paviršiuje vandens tekėjimo (plaukiojamosioms upėms), tąsyk reikia atitinkamoje vandens kelių įstaigoje išaiškinti ar negalima būtų kiek paaukštinti greitį.

36. Angos nustatymas, kai leidžiama išplauti vagą

Kai leidžiama vagą išplauti, gyvojo skrodžio po tiltu viso ploto dydis nustatomas, kaip ir ankstyvesniame atsitikime, pagal formulę:

$$\omega' = \frac{Q}{\mu . v'_v},$$

kur: Q — didžiausias debitas,

v'_v — didžiausias leidžiamas vidutinis greitis, žiūrint vagos grunto, ją išplovus.

Šiuo atsitikimu ω' esti: pirmapradinis gyvojo skrodžio po tiltu plotas ω'' plius papildomasis plotas ($x_v . L$), kuris susidaro dėl dugno išplovimo, tada $\omega' = \omega'' + x_v L$, kur x_v vidutinis išplovimo gilumas, o L — tilto angos dydis.

Leidžiamas išplovimas pareina nuo to, kiek giliai gali būti įleisti tilto ramtų pamatai. Be to, plaukiojamosioms upėms vandens tėkėjimo greitis paviršiuje neturi prašokti leidžiamo laivyninkystės sąlygomis greičio, o vidutinis išplovimo gilumas neturi prašokti pusės vidutinio esamo gyvojo skrodžio gilumo prieš išplovimą (kai esti aukščiausias vandens horizontas).

Vadinasi, išplovimo dydis (gilumas) turi atitikti šią sąlygą:

$$x_{max} \leqq H - (h + h''_{max}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

ir, be to, plaukiojamosioms upėms:

$$x_v \leqq \frac{h''_v}{2},$$

Kur: x_{max} — didžiausias leidžiamo išplovimo dydis,

x_v — vidutinis leidžiamo išplovimo dydis,

H — didžiausias racionalus įleistų ramtų pamatų gilumas (skaitant nuo aukščiausio vandens horizonto),

h''_{max} — esamame skrodyje didžiausias aukščiausio vandens gilumas prieš išplovimą,

h''_v — esamame skrodyje vidutinis aukščiausio vandens gilumas,

h — mažiausias įleistų ramtų pamatų gilumas nuo grunto paviršiaus.

H, h''_{max} ir h''_v dydžiai nustatomi pagal esamąjį gyvąjį skrodį, o h — pagal Paukero formulę:

$$h = k \frac{\Delta}{\delta} tg^4 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

Kur: k — saugumo koeficientas (dažniausiai imamas k = 2),
Δ — pamato ploto vienetui tenkąs spaudimas,
δ — smėlio m^3 svoris (1 m^3 sveria 1800 kg),
φ — natūralus grunto šlaito kampas.

Įvairiems φ $tg^4 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$ dydžiai nurodyti 10 lentelėje.

10 lentelė.

Grunto rūšis	Natūralaus šlaito kampas	$tg^4 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$
Sausas smėlis	30° — 35°	0,111 — 0,075
Drėgnas smėlis	40°	0,047
Vandens primirkęs smėlis	25°	0,165
Molis ir moliniai gruntai sausi . . .	40° — 45°	0,047 — 0,030
Molis ir moliniai gruntai šlapi . . .	20° — 25°	0,240 — 0,165
Sausas žvyras	35° — 40°	0,075 — 0,47
Šlapias „	25°	0,165
Žabaras ir žvirgždas	45°	0,030

Krantiniams ramtams įleisti gilumas apskaičiuojamas pagal vidutinį išplovimo gilumą, o upės taurams — pagal didžiausią.

Anga apskaičiuojama, kaip ir pirmu atsitikimu, nuosakaus prisiartinimo keliu.

Pirmam apytikriam apskaičiavimui užsiduoda vietos sąlygomis leidžiamą išplovimą (ne daugiau kaip esamo skrodžio vidutinio gilumo pusė, esant aukštajam vandens horizontui) ir greitį v'_v, lygų v_d, kuris atitinka vagos gruntą po išplovimo arba vyriausios natūralios vagos vidutinį būklės greitį (v_v), jei išplovus vagą grunto rūšis nepasikeičia. Nustatę reikalingą jį viso gyvojo skrodžio ploto dydį, $\omega' = \frac{Q}{\mu v'_v}$, schematiškai pažymime ant gyvojo skrodžio profilio, pasinaudodami 37 § nurodytais samprotavimais, ram-

tus ir taurus tokiu apskaičiavimu, kad gyvojo skrodžio plotas su papildomu numatomu išplovimo plotu (išskyrus taurus) būtų lygus ar visai artimas dydžiui $\omega' = \frac{Q}{\mu v'_v}$.

Nustatę pirmu prisiartinimu tokiu būdu tilto angos dydį (L), imame tiksliau apskaičiuoti atitinkamus šiai angai vandens greitį, išplovimo gylį ir paspyrio aukštį, paskui palyginame juos su nustatytais dydžiais.

Tekėjimo greitis dugne prieš išplovimo atsiradimą

$$v''_v = \infty\, v''_v = \frac{Q}{\mu \cdot \omega''}.$$

žinoma, bus didesnis už leidžiamąjį esamam gruntui, bet jo netikrinama, nes išplovimas skaičiavimu numatytas.

Plaukiojamosioms upėms reikia patikrinti, kad atitiktų laivininkystės reikalavimus iš pradžių kiek padidėjąs leidžiamas paviršiuje greitis; jo dydis nustatomas formule:

$$_{max}v''_p = \frac{v''_v}{0{,}837} = \frac{Q}{0{,}837\,\mu \cdot \omega''},$$

(kur ω'' —susiaurinto gyvojo skrodžio plotas prieš išplovimą).

Jei šitas dydis didesnis kaip 1,50 m/sek, tai laikinai greičiui padidinti reikia gauti atitinkamos vandens kelių įstaigos sutikimą*).

Galimas įvykti išplovimas, kai esti parinkta anga, patikrinamas tokiu būdu:

Padalinę gyvojo skrodžio plotą ω' ir ω'' iš parinkto angos dydžio L, nustatome esamo gyvojo skrodžio po tiltu vidutinį gilumą esant aukščiausiam vandens horizontui, prieš išplovimą ($h''_v = \frac{\omega''}{L}$) ir po išplovimo ($h'_v = \frac{\omega'}{L}$) Šiuo atsitikimu dydis ω'' nustatomas pagal gyvojo skrodžio profilį, o ω' — pagal aukščiau nurodytą formulę

$$\omega' = \frac{Q}{\mu \cdot v'_v},$$

Vidutinis numatomo esamomis sąlygomis išplovimo dydis nustatomas pagal formulę:

$$x_v = h'_v - h''_v = \frac{\omega' - \omega''}{L} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (32)$$

Numatomo didžiausio išplovimo dydis (x_{max}) nustatomas laikant, kad tarp didžiausio ir vidutinio esamame gyva-

*) Ypatingais atsitikimais leidžiama padidinti ligi 2,10 m/sek.

me skrodyje gilumo santykis po išplovimo $\left(\frac{h'_{max}}{h'_v}\right)$ bus toks pat, koksai buvo prieš išplovimą $\left(\frac{h''_{max}}{h''_v}\right)$, vadinasi,

$$\frac{h'_{max}}{h'_v} = \frac{h''_{max}}{h''_v},$$

iš kur: $$h'_{max} = h''_{max} \frac{h'_v}{h''_v} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (33)$$

(h''_{max} — didžiausias aukščiausio vandens prieš išplovimą gilumas nustatomas vietoje pagal esamo gyvojo skrodžio matavimus).

Apskaičiavę didžiausią gyvojo skrodžio po išplovimo dydį, (h'_{max}) lengvai galime nustatyi ir didžiausio išplovimo gilumą:

$$x_{max} = h'_{max} - h''_{max} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

Šitas dydis neturi būti didesnis už (30) form. nurodytą.

Jei upė, esant aukščiausiam vandens horizontui, išsilieja iš krantų, tai tąsyk vanduo per užlietas vietas teka žymiai lėčiau, negu centrine vaga; iš to galima spręsti, kad vanduo nustos plauti tada, kai vidutinis vandens greitis po tiltu atitiks centrine vaga tekamo vandens greitį (bet ne viso gyvojo skrodžio). Kad galima būtų nustatyti vidutinį šito greičio dydį, gyvasis skrodis suskirstomas į dalis, maždaug, vienodo vidutinio greičio (dažniausiai vaga ir dvi sėkliatekmės) ir skaičiuoja naudojantis vidutiniu centrinės vagos greičiu, kurio dydis nustatomas 28 § nurodytu būdu.

Vandens paspyrio dydis nustatomas tokiu pat būdu, kaip kad ir neleidžiamo išplovimo atsitikimu.

Nustatę parinktai angai dydžius: a) vidutinio išplovimo, b) didžiausio išplovimo, c) tikrojo vandens paspyrio, d) plukdomosioms ir plaukiojamosioms upėms irgi tariamojo paspyrio dydį (prieš išplovimą), o e) plaukiojamosioms upėms dar ir greitį paviršiuje (prieš išplovimą), — palyginame juos su 34 § nurodytais leidžiamais dydžiais; jei jie ne didesni už paskutiniuosius, tai parinkta anga yra pakankama, jei didesni, tai anga padidinama ir iš naujo nuodugniai patikrinama.

Jei visi šitie dydžiai pasirodytų mažesni už leidžiamuosius, tai tąsyk reikia išaiškinti ar nereiktų angą sumažinti. Sumažinant angą reikia visa tai iš naujo perskaičiuoti.

37. Papildomosios angos.

Kartais, kai patvinsta didelės upės, pastebima, kad didžioji aukščiausio vandens dalis teka ne vidutinio (vasaros) lygio vaga, bet keliomis šakomis, tad kyla klausimas, ar per tokią upę reikia statyti vienas tiltas ar keli. Toks atsitikimas yra labai svarbus, todėl reikia ypatingai stropiai ir nuodugniai ištirti aukščiausio vandens tekėjimo ir visas kitas vietos sąlygas (vietos konfiguracijos, geologiškos ir kt.).

Kelių praktika nurodo daug atsitikimų, kur papildomieji tiltai atnešė milžiniškų nuostolių dėl nuolatinių paplovimų. Tokiu atsitikimu tenka labai brangiai tokias vietas sustiprinti, o kartais net ir perstatyti visą tiltą.

Kadangi būtų netikslu, kai esti keli tiltai, kiekvieno tilto angą skaičiuoti visam didžiausiam perkertamos upės vandens **debitui**, tai, dažniausiai, papildomieji tiltai statomi, palyginti, nedidelių angų. Betgi, pavasario vandenys sklaidosi pro tiltus atsitiktinai, labai dažnai atsitinka, kad pro mažą tiltą teką daugiau vandens, negu jis gali praleisti. Dėl to atsiranda neleistinas vandens paspyris, kuris labai pagreitina vandens tekėjimą po tiltu; tąsyk smarkiai tekėdamas vanduo paplauna tilto ramtus ir kelio pylimus.

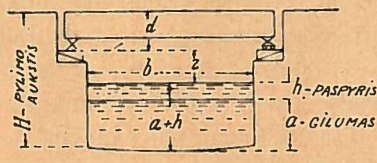
Kartais, dėl vietos sąlygų, būtinai reikia statyti papildomų tiltų, pav., jei žemo vasaros horizonto vaga, paprastai, nuteka mažas vandens kiekis, o potvynio metu daugiausia vandens teka sausais slėniais arba ankstyvesne vaga ir pagal tas ar kitas vietos sąlygas žemo vasaros horizonto vagos į sausą slėnį perkėlimas, arba centrinei tekmei tinkamos visam pavasario vandeniui leisti vagos įtaisymas nėra galimi; tokiais atsitikimais tenka statyti du tiltus su visomis apsaugos priemonėmis. Bendrai gi reikia pažymėti, kad, kai upė susiskirsto į keletą šakų, nepatariama statyti kelis tiltus; tąsyk geriau suprojektuoti vieną tiltą per centrinę vagą tokiu apskaičiavimu, kad jo anga galėtų praleisti visą aukščiausio vandens kiekį; atskiras upės šakas užtverti, įtaisius atitinkamus srovei nukreipti pylimus (dambas).

Ramtų paskirstymas ir angų parinkimas. Tilto ramtų ir angų dydžiai nustatomi, žiūrint vietos sąlygų ir laivininkystės reikalavimų (per plaukiojamasias upes), tad, kad galima būtų naudingiau ir techniškai geriau išspręsti klausimą reikia apytikriai apskaičiuoti kainą ir išaiškinti jų parinkimo tikslumą pagal atskirų variantų įkainavimą. Be to, reikia įsidėmėti, kad per neplaukiojamas

negilias upes, kur nėra didelio potvynio ir smarkaus ledų ėjimo, kur gerai susiklostęs gruntas ir nereikalauja gilių brangių pamatų, ten tiltams naudingiau duoti mažas angas. Per plaukiojamas gilias upes, kur esti aukštas pavasario vandens horizontas ir smarkus ledų ėjimas, tikslingiau imti dideles angas, kad būtų mažesnis upės taurų skaičius.*)

Tarpinius taurus (atramas) reikia taip suskirstyti, kad jie kuo mažiau siaurintų centrinę vagą (farvaterį).

Nereikia būtinai projektuoti visas angas vienodas. Dažniausiai, kad būtų platesnis farvateris ir patogiau laivams, viena arba kelios vidurinės angos daromos didesnės, kitos mažesnės.



39 brėž.

Angų dydis turi atitikti didžiausių laivų plotį (kartais ir sunkiai praplaukiamų laivų ilgį). Be to, jų dydis pareina nuo sistemos ir projektuojamų angų medžiagos, taip pat nuo upės dugno grunto, skersinio profilio ir gruntų susiklostymo.

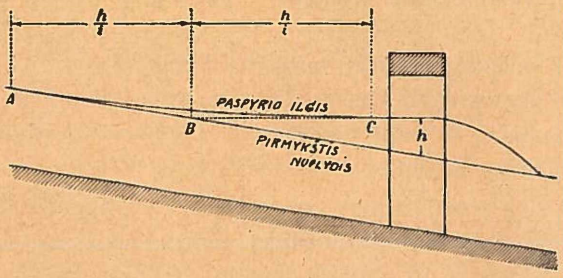
Tilto aukštis turi atitikti aukščiausią paspyrio vandens horizontą ir laivininkystės sąlygas: Tilto pylimo aukštis išskaičiuojamas pagal 39 brėž., kur a — upės gilumas nesuvaržytame būvy (būklės gilumas), a + h — upės gilumas po tiltu, z — poferminės plokštės viršaus virš A. V. H. aukštis, d — konstruktyvinis tilto aukštis nuo poferminės plokštės viršaus ligi grindinio viršaus Tuo būdu galioja formulė:

$$H = a + h + z + d .$$

Statant tiltą, dėl vagos susiaurinimo, tenka turėti kai kada didelių nuostolių iš priežasties žemės aukščiau pastato vandeniu užliejimo, tenka bylinėtis ir pagaliau nuostolių atlyginimas pakelia pastato kainą. Dėl nedidelių tiltų paspyrio dydis ir ilgis, kuriuo jis tęsiasi, gali būt nustatyti sekančiu būdu: tegu (40 brėž.) nesuspaustos tekmės vandens paviršiaus AD nuolydis, (prieš tilto pastatymą) bus i, paspyrio aukštis h. Tada, jei pravesim hori-

*) Tais sumetimais buvo suprojektuoti ir 1930 — 1931 m. Pl. ir V. K. Valdybos statomi didžiausių Lietuvoje angų tiltai: Raudondvario per Nėvėžį 109 m, Seredžiaus per Dubysą 84 m ir Tauragės per Jurą 67 m.

zontalę liniją BC, tai paspyrio kreivoji eis apskritimo lanku ABC, kuriam linija BC bus liečiamoji taške C.



40 brėž.

Tąsyk:

$$AB = BC = \frac{h}{i}$$

paspyrio ilgis $AC = \frac{2h}{i}$. Tuo būdu nustatome kaip toli pasireiškia paspyris ir kokie plotai gali būti užlieti.

III. Betono ir gelžbetonio medžiagos.

38. Betono ir gelžbetonio sudėtis.

Rišamosios medžiagos (kalkių ar cemento), smėlio ir vandens mišinys vadinamas *skiediniu*. *Betonas* yra stambus skiedinys; tai yra mišinys, susidedąs iš rišamosios medžiagos, smėlio, stambesnių priemaišų, (pav. žvyras, žvirgždas arba skalda) ir vandens. Tuo būdu sudėtinės skiedinio ir betono dalys esti *rišamoji medžiaga ir kieti bei skysti priemaišai.*

Gelžbetoniu vadinama statybos medžiaga, sudėta iš geležies ir betono, kurie apslėgintame būvy kartu statiškai veikia. Gelžbetoninės pastatų dalys gaminamos, bendrai, statybos vietoje, klojiniuose, bet kai kurios dalys gali būti atvežamos į statybos vietą gatavos iš dirbtuvių.

Kadangi betono traukimui atsparumas žymiai mažesnis už jo spaudimui (gniužimui) atsparumą, tai betono paskirtis — atsispirti gniužimui, o geležies armatūros — tempimui. Geležies armatūra, be to, turi tikslo priimti kerpamuosius įtempimus. Pagal tokią pamatinę mintį į betoną guldomi geležiniai strypai (49 brėž.), daugiausiai apskrito piūvio, kuriems duodama tokia forma ir padėtis, kad jie galėtų kuo geriausiai atsispirti tempimo įražoms.

Nors betonas ir geležis savo ypatybėmis labai skiriasi, bet sujungtos vienoje medžiagoje — gelžbetonyje, jie statiškai kartu veikia atsispirdami veikiančioms įražoms. Tatai galima dėl šių gelžbetonio ypatybių:

a) abi medžiagos tvirtai sukimba (susiriša),

b) jų šilumos skėtrumo koeficientai veik vienodi ir

c) glaudus ir tiksliai pagamintas betonas apsaugo į betoną įdėtą geležį nuo rūdijimo.

Rišamosios medžiagos parinkimas, priemaišų stambumas, vandens kiekis, mišinio paruošimas, šviežio (ką tik pagaminto) betono vartojimas ir jo kietėjimo metu prižiūrėjimas turi didelės reikšmės betono kokybei.

39. Cementas.

Portland - cementas yra žalsvos arba mėlynai pilkos spalvos milteliai.

Kalkės gaminamos iš įvairių kalkakmenių padermių (klinčių).

Išdegus ligi skaidymosi ribos arba ligi ištirpimo natūralų ar dirbtiną mergelį*), gaunama sukepusi medžiaga, vadinamas klinkeris. Sumalus klinkerį gaunamas cementas.

Cemento tūrio vieneto svoris esti įvairus; jis pareina nuo chemiškos sudėties, degimo laipsnio ir sumalimo smulkumo. Lyginamasis svoris kietame būvy (klinkerio) svyruoja nuo 3,05 iki 3,2 g/cm^3. Puriai pripilto cemento svoris svyruoja nuo 1,0 iki 1,3 kg/lit. (vidut. 1,2), kiek suplukto (pakračius) 1,6 — 2,0. Paprastai skaitoma, kad išpiltas iš statinės cemento 1 m^3 sveria 1250 kg.

Cementas sumaišytas su vandeniu, be jokių kitų priemaišų, praėjus trumpam laikui pradeda kietėti; juo ilgiau tokį praskiestą cementą veikia oras ir vanduo, tuo kietesnis jis darosi. Praktikoje daugiausiai vartojami cemento skiediniai. Cemento perėjimas iš tešlos pavidalo būvio į kietą būvį vadinamas jo susiėmimu; reikalingas tam laikas (apie valandą) vadinamas susiėmimo laiku, tolimesnis tvirtumo didėjimas — kietėjimo procesu.

Cemento susiėmimą ir kietėjimą galima patirti tokiu paprastu būdu: normalinės tešlos gabaliuką (100 g su 26—28 g van-

*) Klintys su 15 ir daugiau % molio ir geležies oksidų priemaišu vadinamos mergeliu.

dens) iškrečiame ant stiklinės plokštelės blyno pavidalo ir kas 5 minutės mėginame nikštuko nagu, ar nepradėjo kietėti tešla; kai padaryta nagu duobutė (įbrėžimas) jau pati per save nebeišsilygina, tai tą momentą skaitome kietėjimo pradžią (nuo momento sumaišymo). Kietėjimas gali būti dirbtinai pagreitintas, įmaišius kai kurių medžiagų (žiūr. toliau).

Patariama visada vartoti žinomų markių cementą. Jei cementas nežinomas, tąsyk reikia reikalauti jo analizo. Vartojamas cementas turi lėtai susiimti.

Praktiškai patyrta, kad vienos ir tos pačios markės cementas gali žymiai skirtis tiek kietėjimo, tiek atsparumo atžvilgiu. Cemento stovėjimo laikas irgi turi įtakos į jo kokybę; šviežias cementas greičiau kietėja. Todėl prieš vartosiant darbui, senesnį cementą reikia gerai ištyrti, padarius bandymus.

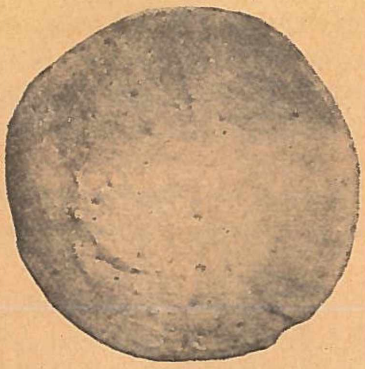
Cementas patiekiamas medinėse statinėse po 180 kg svorio (170 kg netto) arba popieriniuose maišuose (50 kg netto).

Cementas labai traukia drėgmę, tad jį gabenant arba sukraunant pastogėn, reikia gerai apsaugoti nuo drėgmės ir lietaus. Statybos vietoje cementą reikia laikyti dengtose patalpose. Patalpos grindys turi būti sausos; geriau jas padengti tolium.

Iš kiekvienos cemento partijos reikia paimti arti 3 kg. Paimtą cementą supilti į švarų stiklinį indą ir gerai užkimšti, užantspauduoti ir padėti saugoti. Cemento pavyzdžiai paimami dalyvaujant oficialiems asmenims. Patariama paimti ir vartojamo žvyro ar smėlio ir vandens pavyzdžius. Šie pavyzdžiai reikalingi tam, kad betonui blogai kietėjant, cemento tiekėjas negalėtų sakyti, jog betonas blogai kietėja dėl netinkamo žvyro ar vandens.

Pagal vokiečių normas lėtai susiimąs portland-cementas, mišiny 1 dalis (pagal svorį) portland - cemento ir 3 dalys smėlio, praėjus 7 dienoms(laikomas 1 dieną drėgnam ore ir 6 dienas vandenyje) turi duoti mažiausiai 180 kg/cm² atsparumo. Toliau tiriamas per 21 dieną, prie 15—20°C temperatūros, turi išlaikyti mažiausiai 350 kg/cm². Jei ginčijami rezultatai, tai galutini rezultatai nustatomi bandymu, praėjus 28 dienoms.

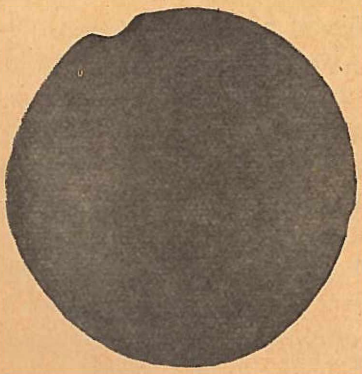
Jei cementas turi daugiau, negu leidžiama, magnezijos, tai tas gali neigiamai veikti į tūrio pastovumą. Tam išbandyti reikia paruošti tokiu pat (kokiu anksčiau nurodyta) būdu normalinės tešlos blyną 8 — 10 cm skersmens ir 1 cm storio. Paskui reikia jį įdėti į uždaromą dėžę ir laikyti 24 val. ant stiklo plokštelės, po to, įdėti į vandenį ir tėmyti per 28 dienas.



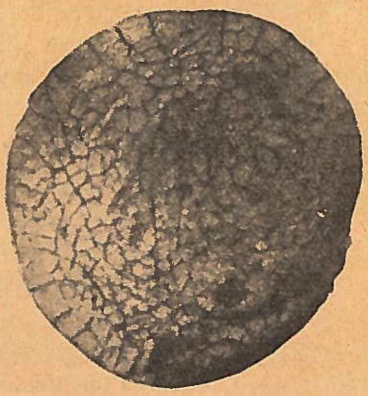
41a brėž.
Blynas tvarkoje (tinkamas cementas).

41b brėž.
Blynas su džiovimo plyšeliais

41c brėž.
Blynas užriestais kraštais



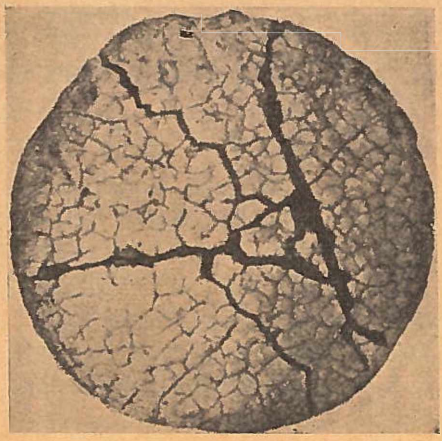
41d brėž.
Blynas su kraštų plyšiais



41e brėz.
Blynas su tinklelio plyšiais

Jei išploto blyno kraštai užsiries arba jo paviršius gaus radialinių plyšių arba tinklelio pavidalu sueižės arba ties kraštais atsiras smulkių atsilupimų, tai tąsyk cemento tūris nepastovus; tokio cemento negalima vartoti. Pasireiškę blyno viduryje smulkūs koncentriniai arba spiraliniai (džiuvimo) plyšeliai dėmesim neimami, nes jie betono kokybei neturi reikšmės (41 b brėž.). 41-f brėž. netinkamo cemento pavyzdis.

Be portland cemento vartojamas dar kitas cementas, vadinamas *aukštos vertės* (aukšto atsparumo) *cementas*. Šis cementas, 2 dienoms praėjus, gauna tokį pat atsparumą, kokį paprastas portland-cementas duoda per 28 dienas. Praėjus 28 dienoms, jo laikinas atsparumas gniužimui siekia 600 kg/cm². Aukštos vertės cementas turi būti atitinkamai pažymėtas ant įpakavimų. Šis



41 f brėž.

cementas vartojamas tiems tiltams, kuriuos reikia greit pastatyti ir kurių dalys daromos mažesnių išmierų.

Ciment fondu (Schmelz, Tonerdzement) vartojamas tada, kada praktiškais sumetimais norima gauti aukštą atsparumą tuojau po suketėjimo. Šis cementas gauna per kelias valandas tokį atsparumą, kokį kitų rūšių cementai gauna per keletą dienų. Ciment fondu vartojamas svarbiems darbams: gelžbetoniniams poliams, kesonams ir kt. Jis 2,5 syk brangesnis už portland-cementą.

Tokius cementus reikia vartoti labai atsargiai, nes jie mažai yra išbandyti.

40. Vanduo.

Iš vandentiekio, šulinių geriamas ir upių, jei jos neužterštos organiniais priemaišais, vanduo tinka betono darbams; jūrų vanduo tokiems darbams netinka; vartoti dumbliną vandenį reikia labai atsargiai. Taip pat reikia atsargiai naudotis dirvos vandeniu pramonės vietose, kur vanduo turi rūgščių.

Prieš naudosiant vandenį reikia patirti jo kvapą ir skonį. Jei norima ištirti ar vanduo turi ištirpusių jame dalių, reikia paimti arti litro talpumo stiklinį indą; prie jo turi būti prikišta guminė žarnelė su pūsle ir siurbleliu, pripilti jį vandens ir keletą minučių pripusti oro. Jei vanduo pasidaro sudrumstas tai, tąsyk reikia jo kokybę ištirti laboratorijoje.

Jei norima ištirti vandenį ar jis turi rūgšties, šarmo ir druskų, reikia paimti lakmuso popierį ir įmerkti į vandenį: tada, esama rūgštis popierį nudažys raudonai, o šarmas — mėlynai.

41. Smėlis, žvyras, žvirgždas ir kitos medžiagos.

Smėlis gali būti imamas iš karjero, upės, ežero. Jis turi būti iš sudūlėjusių kietų padermių ir ne stambesnių kaip 5 mm grūdelių, pereinančių per 7 mm apvalių akučių sietą*).

Žvirgždu laikoma akmenukai nuo 5 ligi 60 mm stambumo. Gelžbetonio darbams žvirgždas neturi būti stambesnių kaip 25 mm grūdelių.

Smėlio ir žvirgždo mišinys vadinamas žvyru. Kad gavus tinkamą mišinį, smėlis ir žvirgždas turi būti įvairaus stambumo grūdelių, be kenksmingų priemaišų (sieros kolčedano, gipso).

Gelžbetoniniams tiltams tinka toks žvirgždas, kurio grūdeliai gali tilpti tarp armatūros arba tarp klojinių ir armatūros. Upės žvyrui duodama pirmenybės prieš karjerinį žvyrą, nes pirmasis yra švaresnis.

Jei smėlio arba žvyro atskiri grūdeliai yra aplipę šlynos, molio ar kitokio grunto priemaišais, tąsyk priemaišai neigiamai veikia betono atsparumą. Jei minimi priemaišai yra lygiai išsisklaidę po visą žvyrą, neaplipdydami atskirų grūdelių, tąsyk jie betonui beveik nekenkia. Smėlio ir stambiųjų priemaišų grūdeliai turi būti įvairaus didumo taip, kad mišinyje būtų minimum tuštumų.

Apskritai, žvyre neturi būti daugiau kaip 4% molio. Kai didesnis % priemaišų, žvyrą reikia plauti. Nešvarių priemaišų

*) Gruntkelių moksle smėliu vadinamos ligi 2 mm dalelės.

kiekis nustatomas graduiruotame stikliniame vamzdelyje tokiu būdu: pirma ligi pusės pripilama tiriamo smėlio arba žvyro, paskiau kitą tiek vandens ir visa tai gerai sudrumsčius, paliekama nusistovėti. Po kiek laiko sunkesnės dalelės sugula ant dugno, o lengvesnės (molis) pasilieka plaukioti viršuje.

Paruošiant betoną reikia daboti, kad pilami priemaišai būtų įvairaus stambumo. Jei pripilama per daug smulkaus smėlio, tai gaunamas silpnesnis betonas, nes įpilto cemento nepakanka aptraukti visiems smėlio grūdeliams; tada reikia pridėti daugiau cemento. Jei pilami priemaišai per stambūs, tąsyk įpilto cemento nepakanka užpildyti visiems tuštumams. Tad natūralaus žvyro ar žvirgždo sudėtį dažnai tenka gerinti, vadinasi, išsijoti arba pridėti trūkstantį priemaišų kiekį.

Vietoje žvirgždo, betonas gali būti daromas su skalda. Pastaroji turi būti pagaminta iš akmens, turinčio ne mažiau kaip 250 kg/cm² atsparumo (granitas, bazaltas, smiltainis). Akmuo turi būti tvirtas, smulkios struktūros. Grūdelių dydžiai tie patys, kaip kad žvirgždo.

Žemiau dedama 11 lentelė parodo, kaip svyruoja gniužimo atsparumas pastovios sudėties betono 1:5 (1 cem.: 5 žvyr.), esant įvairioms smėlio ir žvirgždo žvyre proporcijoms. Tad matome, kad praktikoje dažnai vartojamas betono sudėties pažymėjimas, nurodant cemento ir žvyro santykį (pav. 1:5, 1:8 ir t.t.). nenurodant kartu žvyro smulkių ir stambių dalelių proporcijos, yra netikslus ir neleistinas, nes nenustato, kokio tvirtumo (atsparumo) toks betonas turi būti. Natūralūs žvyrai turi įvairų — įvairiausį smulkių ir stambių dalelių santykį.

11 lentelė.

Mišinių sudėtis	Smėlio ir žvirgždo žvyre proporcija	28 dienoms praėjus atsparumas kg/cm²	
1:5	1:0,66	159	159:259 = 0,6:1, t. y. 40% atsparumo padidėjimas
	1:1	222	
	1:1,5	237	
	1:2	**259**	

Patariama imti žvyrą su tokia smėlio ir žvirgždo (arba skaldos) proporciją:

gelžbetoniui: 1 sv. dalis smėlio: 1 — 1,5 sv. d. žvirgždo,

betonui: 1 sv. dalis smėlio: 1—2 sv. d. žvirgždo.

Tuo būdu matome, kad stambių priemaišų sudėtis visada turi būti tikrinama ir, esant reikalui, pataisoma.

Pagal naujus tyrinėjimus nustatyta, kad žvyro, smėlio ir kitokios medžiagos sudėtis turi lemiamos reikšmės cemento kiekiui betone. Tinkamesnė sudėtis esti tada, kai esant tam tikram žvyrui ir suvartojant mažiausią cemento kiekį, gaunamas reikiamo atsparumo betonas.

Visa eilė bandymų rodo, kad, kai vartojamas įvairaus stambumo žvyras, kurio veik visi grūdeliai lygiai išsisklaidę žvyro masėje, sudarydami minimum tuštumų, tai mažiausią cemento kiekį įmaišius, gaunamas atspariausias ir tankiausias betonas. Be to, reikia stengtis, kad žvyro grūdelių paviršiaus plotas būtų kuo mažiausias.

Kaip žinome, vandens, smėlio ir cemento mišinys vadinamas skiediniu. Tyrinėjimai rodo, kad betono gniužimui atsparumas beveik yra lygus skiedinio atsparumui. Skiedinio stiprumas irgi pareina nuo smėlio sudėties. Vartojant tinkamos sudėties smėlį skiediniui galima sutaupyti cemento arba gauti su tuo pat cemento kiekiu stipresnį betoną. Praktikoje dažnai daroma klaida, leidžiant vartoti žvyrą, kuris turi labai daug smėlio.

Granulimetrinės smėlio ir stambesniųjų priemaišų sudėties parinkimo taisyklės. Tyrimai ir praktika duoda nurodymų, koks turi būti santykiavimas įvairių grūdelių kiekių smėly ir žvyre. Vokiečių Betono Sąjunga (Deutscher Beton Verein) įvedė tam tikslui žemiau dedamas normas (11 a lentelė). Kad gavus geresnį skiedinį ir betoną, stambesnių priemaišų proporcija turi būti parinkta pagal b posmą. Pagal a posmą nustatoma tinkamiausia smėlio granulimetrinė sudėtis, pagal c — stambesniųjų priemaišų paprastam betonui (žiūr. 11a lentelę).

Jei šitie skaitmenys bent kiek žymiai skiriasi nuo tikrosios žvyro ir smėlio sudėties, tai dalelių proporcija turi būti pataisyta, sijojant ir pridedant reikalingų dalelių arba padidintas cemento kiekis, žiūrint kas ekonomiškiau.

Labai gerą supratimą apie reikiamą smėlio sudėtį duoda vadinamos sijojimo kreivosios. Plačiausiai naudojamasi Grafo (Štut-

11 a lentelė.

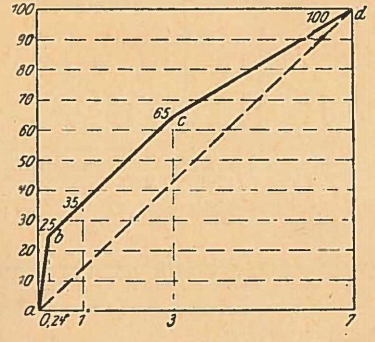
Agregato pavadinimas	Sijojimo ribos	Geriausiai tinkąs kiekis, svorio % %
a) *Karjerų, upių, akmenskaldžių, šlakų smėlis.* Pereina pro 7 mm apskritų akučių sietą.		
Dulkėtas smėlis	Pereina pro sietą 30 Nr. su 900 akučių 1-me cm^2	Pageidaujama 0, nes yra cementas, kuris jį pavaduoja.
Smulkusis smėlis	Pereina pro 1 mm apvalių akučių sietą.	10 iki 30 %
Rupus smėlis	Pasilieka ant 1 mm apvalių akučių sieto	90 iki 70 %
b) *Stambūs priemaišai armiruotam betonui (gelžbetoniui).* Pereina pro 30 mm apskritų akučių sietą.		
Smėlis (kaip p. a.)	Pereina pro 7 mm apvalių akučių sietą.	40 iki 50 %
Rupūs priemaišai (žvirgžas, skalda)	Pasilieka ant 7 mm apv. akučių sieto.	1 : ↕ 1,5 | 1 : ↕ 1
		60 iki 50
c) *Stambūs priemaišai paprastam betonui.* Pereina pro 70 mm apvalių akučių sietą.		
Smėlis (kaip p. a.)	Pereina pro 7 mm apvalių akučių sietą.	33 iki 50 %
Rupūs priemaišai (žvirgždas, skalda)	Pasilieka ant 7 mm apv. akučių sieto.	1 : ↕ 2 | 1 : ↕ 1
		66 iki 50 %

gardo prof.) kreivąja, (42 brėž.), kuri be smėlio numato taip pat ir rišamąją medžiagą. Sausas smėlio ir rišamosios medžiagos mišinys turi turėti pagal Grafą tokią granulimetrinę sudėtį.

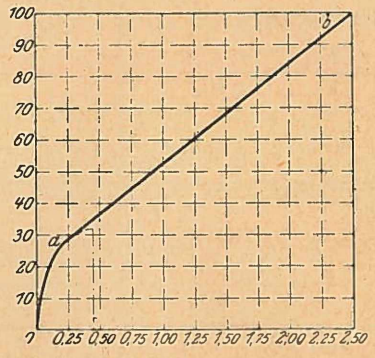
11 b lentelė.

Pereina pro sietą	Pasilieka ant sieto	Svorio %	Pereina pro sietą		Svorio %
0	0,20 mm akutės pločio*)	25	0,20 mm akutės pločio	—	25
0,20 mm akutės pločio	1 mm akutės diametro	10	1 mm akutės diametro	25+10	35
1 mm akutės diametro	3 mm	30	3 mm akutės diametro	35+30	65
3 mm akutės diametro	7 mm	35	7 mm akutės diametro	65+35	100

42 brėž. grafiškai parodyti rezultatai: horizontalė linija rodo sieto akučių diametrų dydžius mm (0 — 0,2 mm — rodo akučių



42 brėž.



43 brėž.

plotį, bet ne diametrą), vertikalė — pereinančias pro sietą daleles, svorio %%. Pats smėlis pagal Grafą turi būti šios sudėties:

*) Normalinis sietas 30 Nr. su 900 akučių 1-me cm².

Iš 100 g smėlio pereina:

Gelžbetoniui

3 g	per	0,20 mm	akutės	platumo sietą
16 g	„	1 mm	„	diametro „
55 g	„	3 mm	„	„ „
100 g	„	7 mm	„	„ „

Iš 100 g smėlio pereina:

Betonui

15 g	per	0,20 mm	akutės	platumo sietą
25 g	„	1 mm	„	„ „
60 g	„	3 mm	„	„ „
100 g	„	7 mm	„	„ „

43 brėž. parodyta vartojama Amerikoje sausam cemento, smėlio ir žvyro mišiniui Fulero kreivoji: horizontalė linija rodo grūdėlių dydžius cm, o vertikalė — pereinančių pro sietą dalelių kiekį, svorio %.**) Pagal šitas kreivąsias turi pereiti pro sietą.

	Didžiausias grūdas mm			Grūdelių kiekis %	
20	0,00	iki	0,20	11	
	0,20	„	0,60	7	31
	0,60	„	2,00	13	
	0,00	„	10,00	31	
	12,00	„	20,00	38	
25	0,00	iki	0,25	11	
	0,25	„	0,75	7	31
	0,75	„	2,50	13	
	2,50	„	12,50	31	
	12,50	„	25,00	38	
40	0,00	iki	0,40	11	
	0,40	„	1,20	7	31
	1,20	„	4,00	13	
	4,00	„	20,00	31	
	20,00	„	40,00	38	

**) Jei didžiausias žvyro grūdelių didumas 25 mm; tokio pat tipo kreivoji vartojama ir kitiems didumas (30, 40 mm), toji kveivoji tąsyk truputi kitaip išbrėžiama.

42. Klojiniai, formos ir pastoliai.

Gelžbetoniniams tiltams ir vamzdžiams pastatyti visų pirma turi būti padaryti pastoliai, formos ir klojiniai. Pagal 1925 m vokiečių gelžbetonio darbams taisykles, kurios šiam reikalui teikia smulkių nurodymų, klojiniai ir pastoliai turi būti taip įtaisomi, kad galima būtų juos kilnoti ir patogiai ardyti.

Paprastų formų, klojinių ir pastolių padarymo ir išardymo išlaidos sudaro 10 — 20% viso pastato kainos, bet dideliems pastatams gali siekti 30%. Tačiau tiksliai ir pakartotinai naudojant klojinių ir pastolių medžiagą, galima žymiai papiginti jų kainą. Paprastai, gelžbetonio darbuose, ypač didelėse konstrukcijose, visada esti nemaža vienodų elementų, kurie pastate kelis kartus pasikartoja. Tad tokiems elementams yra naudinga dirbtuvėse paruošti šablonines formas ant straigtų, kurias būtų galima daug sykių vartoti.

Kai kada vartojamos geležinės išnarstomos formos ir pastoliai, tačiau, daugiausiai, pastoliai gaminami iš apvalių pušinių ar eglinių karčių (statramsčiai), o formos ir klojiniai — iš pušinių ar eglinių lentų.

Formos, skliautrėmiai ir pastoliai turi būti pakankamai tvirti ir standūs, kad būtų užtikrintos tiek tikslios pastato išmieros, tiek patikimas betono dėjimas į formas, nesukrečiant ir negadinant jau anksčiau padėtą ir dar nesuspėjusį sukietėti betoną. Tam tikslui visą pastolių konstrukciją reikia sustiprinti ryšiais, sančiaupomis, ramsčiais ir kt.

Visos lenkiamos dalys patikrinamos įlinkimo atžvilgiu; įlinkimas neturi būti didesnis kaip $^1/_{400}$ terpės, kai medžio tamprumo modulis esti 100.000 kg/cm^2.

Klojiniai, formos ir pastoliai turi nesideformuodami išlaikyti drėgno betono svorį, laikinąjį apkrovimą ir sutrenkimus, kurie gali įvykti prikrečiant į formas betono. Be to, jie turi būti lengvai išardomi, nenustojant daug miško medžiagos.

Kadangi klojinių ir pastolių pagaminimas yra vienas iš svarbiausių gelžbetonio darbų, tai toks darbas turi būti pavestas įgudusiems dailidėm, kurie ekonomiškai vartodami medžiagą, duoda klojiniams ir pastoliams maksimum patvarumo. Įtaisant klojinius ir formas, reikia turėti galvoje, kad šviežias betonas (ypač lietasis betonas) savo ypatybėmis yra artimas skysčiui, tad padėtas į formas jis smarkiai slegia ir spaudžia formų sieneles.

Pagal techniškas sąlygas formos turi išlaikyti drėgno betono ir miško medžiagos savąjį svorį, padidinus visą 1½ kartų. Tatai atitinka dinamišką krūvių veikimą (dūžius). Didelių tiltų pastoliai ir formos (skliautrėmiai) turi būti patikrinti, ar jie bus pakankamai atsparūs — pastovūs vėjo spaudimui. Vėjo spaudimas imamas 250 kg/m² vertikalės projekcijos, laikant visą vėjo apslogintą plotą = ½ F; čia F — visas vertikalus pastolių ir formų konturo apibrėžtas plotas. Pastovumo koeficientas ne mažesnis kaip 1,25. Nustatant klojinių ir formų savąjį svorį, 1 m³ medžio svoris laikomas 600 kg.; vienam m³ miško medžiagos geležinių sanvaržų svoris laikomas = 35 kg.

Turint galvoje, kad betonavimo metu pastatas kiek nusėda, klojiniams reikia duoti kai kurį pakilimą; iš anksto duodamas pakilimas imamas nuo $^1/_{1000}$ ligi $^1/_{100}$ skaičiuojamos terpės (angos), nuo terpės vidurio į atramas jis nuosekliai mažėja.*). Pastato pakilimas, paprastai, imamas kiek didesnis už teorišką, nes daug maloniau matyti kiek išgaubtą (išlenktą į viršų) pastatą, negu įlinkusį. Didesnių pastatų formoms ir klojiniams turi būti paruošiami darbo brėžiniai.

Tik ką nuo kelmo nukirsti medžiai labai džiūsta, o seni, labai išdžiūvę, perdaug ištraukia iš betono vandens, tad reikia vartoti senesnę apydrėgnę miško medžiagą. Formos ir klojiniai turi būti lengvai ir patogiai išardomi, konstrukcija turi leisti antraeiles dalis išardyti anksčiau, negu svarbiausias.

Darant klojinį reikia žiūrėti, kad gretimos lentos nebūtų per tampriai (perdaug glaudžiai) suleidžiamos, nes tąsyk prisitraukę iš betono vandens, jos persimes ir išsiskės. Geriau tarp lentų palikti 3 — 5 mm tarpus. Prieš dedant betoną klojiniai gausiai palaistomi vandeniu, kad dingtų visi plyšiai, pro kuriuos galėtų tekėti skiedinys. Kai kada, smarkiai nuo saulės šilumos sudžiūvus lentoms, plyšiai pasidaro tiek platūs, kad juos tenka užkimšti su pakulomis arba su popieriu (iš cemento statinių).

Patariama klojiniui imti sausesnes lentas; tokios lentos mažiau persimeta ir, be to, pigesnės. Vartojant lietąjį betoną, klojinis turi būti kuo glaudžiausias. Šoninėms balkių formų sienelėms vartojamos gryninės lentos. Miško medžiaga vartojama 4 — 6 m

*) Toks pakilimas numato ne tik galimą formų nusėdimą laike darbų atlikimo, bet ir vėlesnį nusėdimą po pastolių nuėmimo.

ilgio. Trumpesnėms klojinių, formų ir pastolių dalims vartojamos nuopiovos.

Klojinių kaina daug priklauso nuo miško medžiagos storumo. Plonos lentos nevisada ekonomiškos, nes tokiems klojiniams nuo įlinkimo apsaugoti tektų pastatyti daug statramsčių. Antra vertus, kiekvienoje statyboje gaunama daug mažos vertės nuopiovų, tad vartodami perdaug storą miško medžiagą, turėtumėm daugiau nuostolių.

Pastoliams tinka apvali ir apipiauta miško medžiaga. Pirmoji daugiausia vartojama poliams ir statramsčiams, o antroji — įvairioms fasoninėms suduriamoms dalims. Apvali medžiaga ekonomišku sumetimu yra tinkamesnė, tačiau, reikia pasakyti, kad apvalią medžiagą kur kas sunkiau sudurti, negu piautą.

Plokščių ir briaunų klojiniams imamos nuo 2½ ligi 6 cm storumo, 10 — 18 cm platumo ir 4 — 6 m ilgumo gryninės, neobliuotos, pušinės ar eglinės lentos; balkių formų dugnui — ne plonesnės 4 cm lentos. Skersiniams, kurie dedami statmenai tarp gelžbetoninių perdengimų balkių (sijų) ir palaiko klojinį (53 brėž.) naudojamos 5 × 15 cm ant briaunos pastatytos lentos. Statramsčių apsodai, kurie eina lygiagrečiai su gelžbetoninio perdengimo sijomis ir palaiko minėtus skersinius, daromi iš 8 × 10, 10 × 10 ir 10 × 12 cm tašų. Sunkesnėms konsrukcijoms vartojami ir storesni nuo 12 × 14 ligi 18 × 20 cm tašai. Vartojamas statramsčiams apvalus miškas esti 7 — 15 cm skersmens.

Naudojant jau vartotas klojinio lentas, reikia nuo jų švariai nuvalyti betoną, vinis ne užlankstyti, bet ištraukti. Vasarą klojinius reikia dažnai suvilginti.

Gelžbetoninis pastatas esti ištisa, be jokių rievių, konstrukcija, tad jo paviršių tinkuoti, kad apsaugojus nuo oro įtakos, nėra reikalo. Jei betonas po sukietėjimo nebus išglaistytas (nutinkuotas), o norima, kad paviršius būtų lygus, tąsyk klojiniui lentos imamos iš vidaus pusės nuobliuotos, be to, šakelės užtepamos gipsu. Kad nebūtų matyti rievių pėdsakų, formos iš vidaus išklojamos kartonu arba jų rievės užtepamos moliu. Kad betonas neliptų prie klojinių, formos iš vidaus ištepamos alyva, nafta, žibalu arba muilo skiediniu, bet tąsyk betono paviršius negali būti tinkuojamas, nes tinkas nesilaiko. Jei tenka keletą kartų vartoti tuos pačius klojinius, tai geriau jų dalis nesukalinėti vinimis, bet sujungti straigtais. Nors sujungiant straigtais ilgiau užtrunkama, bet užtat mažiau gadinamos lentos.

Paprastai, klojiniai perduoda spaudimą skliautrėmiams (arkinių tiltų) arba formoms (balkinių tiltų). Šie perduoda spaudimą pastoliams (statramsčiams ir ramsčiams), o pastarieji — žemei.

Pastoliai turi turėti gerą ir stiprų pamatą. Kad konstrukcijos svoris pasiskirstytų galimai didesniame plote, po statramsčiais padedami padėliai — tašų nuopiovos. Kur paprastas gruntas ar apsemta vieta, ten kalami poliai; didelių tiltų pastoliams kartais išbetonuojami specialūs pamatai.

Pagal vokiečių normas sudurtų iš dviejų rąstgalių statramsčių turi būti ne daugiau ⅔ viso jų kiekio. Ištisi, sveiki statramsčiai turi būti taikomi balkiams paremti (jei tokių esama), likę statramsčiai paskirstomi galimai tolygiai po visu paviršiumi. Suduriami statramsčių galai turi būti horizontalėse plokštumose glaudžiai suleisti. Sudurimo vieta turi būti apsaugota nuo galimų deformacijų (dėl išilginio lenkimo) prikaltomis andėklomis, netrumpesnėmis kaip 70 cm. Tokių andėklų prikalama: statramsčiams iš rąstų ne mažiau kaip 3, o statramsčiams iš tašų — 4 kiekvienam sudūrimui. Daugiau kaip vieną kartą statramstis neturi būti sudurtas. Dėl išilginio lenkimo pavojaus, sudurimas neturi būti daromas viduriniame statramsčio aukštumo trečdalyje. Statramsčius jokiu būdu negalima vartoti plonesnius, kaip 7 cm. Statramsčių galai turi būti horizontaliai nupiauti ir po jais padedami ąžuoliniai kyliai (po 2 kyliu, atgrežtu į priešingas vienas kitam puses). Kyliai duoda galimybės pastolius reguliuoti ir palengva juos nuleisti. Įremti į žemę pastolių galai atremiami į medinius tašus, kad tenkąs gruntui spaudimas neprašoktų leidžiamąjį.

Reikia turėti galvoje, jog plūkimo metu bėgantis iš betono vanduo kiek susilpnina statramsčių pamato gruntą. Paprastai, imama vienas statramstis 1 m² perdengiamojo paviršiaus. Jei stipresnis klojinys, tai vienas statramstis palaiko 2 m²; jei labai standžios formos, tai vienas statramstis — 3 m².

Kad galima būtų palengva, nuosakiai išardyti pastolius, neišaukus šviežiame betone deformacijų, skliautrėmiai ir statramsčiai statomi ant paruoštų iš kietos medžiagos (aukščiau paminėtų) kylių, domkratų arba smėlio dėžių (99 brėž.). Be to, reikia žiūrėti, kad dėl nesukietėjusio betono spaudimo į formas, nepasiduotų į šalį pastoliai.

Prieš pradedant betonuoti, reikia švariai nuvalyti klojinius ir formas, nušluoti skiedras, piūvenas ir kitokias šiukšles. Be to, klojinius ir kylius reikia patikrinti lyggula; atsipalaidavusius kylius pakalti.

Formos ir klojiniai turi būti taip statomi, kad būtų galima be sutrenkimų nuimti pastolius, nes tatai kenkia betonui. Pastoliai nuimami tik tada, kai betonas yra visai sukietėjęs. Betono sukietėjimą apytikriai galima nustatyti iš garso; jei kūjeliu arba geležgaliu sudavus per betoną, gaunamas skambus balsas, tai betonas yra sukietėjęs.

Palaiką balkių ir plokščių klojinius ar formas statramsčiai ir ramsčiai turi būti taip įtaisyti, kad klojinius galima būtų nuimti jų neliečiant, nes dažnai šoninius balkių klojinius (lentas) tenka nuimti tuoj, betonui sukietėjus, ir naudoti kitur, tuo tarpu, kai statramsčiai ir ramsčiai dar kurį laiką bus reikalingi pastoliams. Klojinių briaunoms, nuimant laužtuvais formas, nuo pagadinimo apsaugoti formų kertėse prikalami trikampinio piūvio latai.

Formų, klojinių ir pastolių įtaisymas. Žemiau yra trumpai aprašytas svarbiausių balkinių (rėminių) ir arkinių tiltų formų ir pastolių įtaisymas.

Klojinių ir formų padarymas, ėsant kolonoms, prasideda nuo jųjų formų įtaisymo, kreipiant įpatingo dėmesio į tai, kad jos būtų statomos vertikaliai. Anksčiau buvo plačiai praktikuojama vieną iš keturių formų šonų palikti atdarą, kad būtų galima pro pasidariusią vertikalę angą atskiromis porcijomis krėsti betoną, įdėti vilktis ir plūkti betoną, nuosakiai uždarant tokią angą pagal betonavimo eigą skersinėmis lentelėmis (50 brėž.). Dabar šis būdas kolonoms retai kur taikomas, nes taip betonuojant apsunkinamas vilkčių tarpusavio atstumo kontroliavimas. Dabar kolonų armatūra, dažniausiai, gaminama ir surišama horizontalėje padėtyje ir kaip standus skeletas (karkasas) pastatoma vietoje, apgaubus ir sustiprinus ją medine forma. Jei armatūrinis skeletas ilgas, tai forma sustiprinama rėmeliais, paskui iš viršaus įpilamas betonas ir taip kolona užbetonuojama ligi pat viršaus. Dažniausiai daroma tokiu būdu: iš pradžių pastatoma forma, o paskui į ją įstatomas geležinis skeletas.

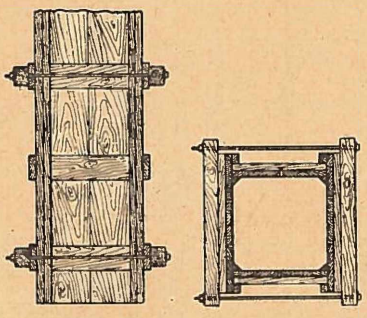
Tikslus armatūros nuo formų atstumas pasiekiamas tuo būdu, kad prie geležinių strypų, tam tikrame atstume vienas nuo kito, pritvirtinami betoniniai kubikai, kurie sykiu įbetonuojami. Kolonas

užbetonavus, padaromos formos vyriausioms, paskui antraeilėms sijoms ir pagaliau padaromas plokščių klojinys. Po to, į vyriausiųjų ir antraeilių sijų formas dedama armatūra. Tada, iš pradžių į formas įstatomos vilktys, pririšant jas plona viela prie montažinių geležies strypelių (106a brėž.), paskui dedami apatinės armatūros ir lenktiniai strypai. Daug patogiau, jei į sijų formas yra dedama standaus, ant tam tikrų ožių surišto, skeleto pavidalo armatūra. Reikiamas armatūros nuo formos nuotolis pasiekiamas su minėtais betoniniais kubikais arba akmenukais. Jei aukštos kolonos, tąsyk armatūrinis skeletas įdedamas iš šono, palikus tam reikalui atdarą vieną formos šoną.

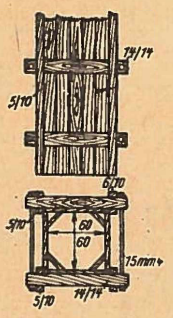
Padarius plokščius klojinius, dedama atsparioji (dirbamoji) ir paskirstomoji armatūra, surišant jas viela.

Keturkampio piūvio kolonoms formos susideda iš lentų skydų ir veržtuvų (tašų rėmelių), kurie rėmų pavidalo apgaubia ir suveržia keturkampėn formon sustatytus skydus..

44 brėž. parodyta firmos Wayss & Freytag taikoma kolonoms formų konstrukcija. Lentų skydai yra sukalti iš 30 — 35 mm storumo lentų ir per 80 — 100 cm sutvirtinti medinėmis skersinėmis lentelėmis (andėklomis). Rėmeliai (veržtuvai) yra sudėti iš dviejų tašelių, kurie sujungti per jų galus prakištais varžtais. Du kiti skydai yra apsaugoti nuo bet kurio pasislinkimo formoje pagalba



44 brėž.

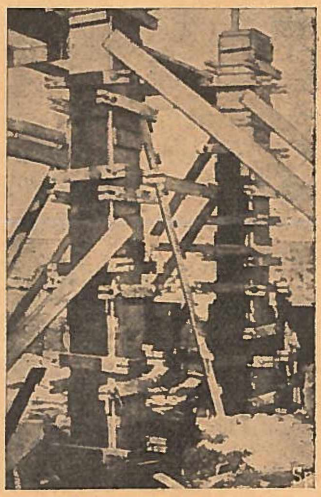


45 brėž.

prikaltų prie pirmųjų skydų keturkampinių latų (iš oro pusės) ir trikampinių latelių (iš vidaus). Pastarieji turi tikslo palengvinti formų atplėšimą ir prašalinti aštrias briaunas. Tačiau pačiame kolonų viršuje ir apačioje jie nededami, nes taip kolona gražiau atrodo.

45 brėž. parodyta tobulesnė konstrukcija; čia varžtai neturi būti prakišami, nuimant veržeklius (sraiges), bet gali būti įdedami iš šono.

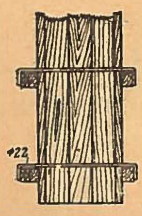
46 brėž. rodo tokių formų konstrukciją.



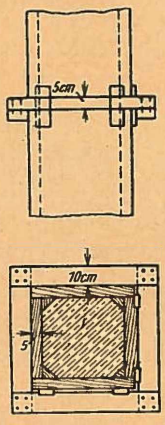
46 brėž.

47 brėž. parodytoje konstrukcijoje vietoje varžtų yra vartojamos geležinės sankabos (klameriai). Formos lengvai nuimamos, išmušus tarp sankabos ir tašelio įspraustus kylius. 48 brėž. parodytas rėminis veržtuvas iš keturių sukaltų vinimis tašelių. Tąsyk tamprus skydų surišimas pasiekiamas kyliais, kurie yra įvaromi tarp skydų lentų ir rėminių veržtuvų.

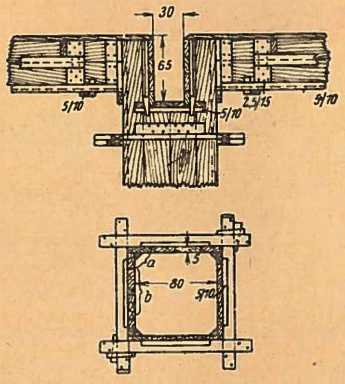
Nuo šių konstrukcijų kiek skiriasi 49 brėž. parodyta konstrukcija, kur veržtuvų tašeliai paslankiai sujungti kyliais ir tuo būdu formą galima daugiau ar mažiau suveržti. Šitoje konstrukci-



47 brėž.



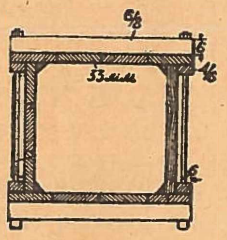
48 brėž.



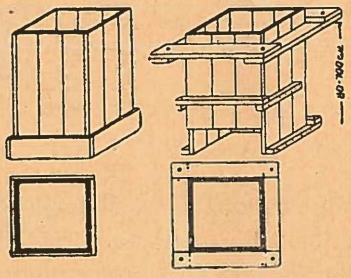
49 brėž.

joje forma sudėta iš aštuonių dalių: 4 kampinės dalys a ir 4 tarp jų įdėti lentų skydai b.

50 brėž. parodyta aukščiau paminėta, dabar retai vartojama, atdara vienu šonu forma. Jos dešinėje pusėje matyti skersinės lentelės, kurios įdedamos pagal betonavimo eigą. Šios konstrukcijos patogumas yra tas, kad, nuimant formą, nereikia traukti vinių; tad darbas eina lengvai, be pavojingų šviežiam betonui sukrėtimų. 51 brėž. parodytas netikslus formų įtaisymas, 52 brėž. — taisyklingas (palikta apačioje anga šiūkšlėms, piūvenoms ir kt. pašalinti ir taisyklingą armatūros padėtį patikrinti).

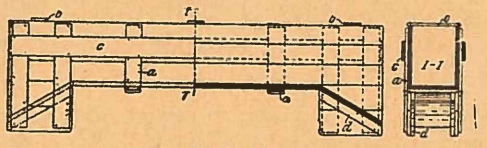


50 brėž.



51 brėž. 52 brėž.

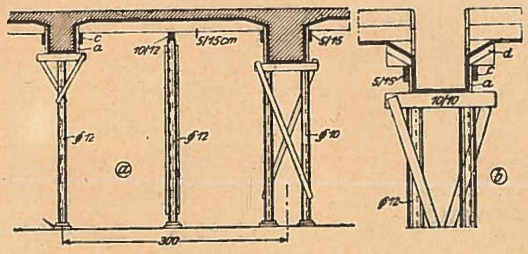
Sijų formos ir plokščių klojiniai daromi šiuo būdu. Formų dugnas daromas iš 5 cm lentų, sienelės — iš 2,5 cm lentų. Žiūrint kokia forma — tiesa ar galuose vertikalėje plokštumoje paplatinta — dugnas daromas tiesus ar su vadinamais vutais, 53 brėž. (minėtais paplatinimais). Paskutiniu atsitikimu formų šoniniai sky-



53 brėž.

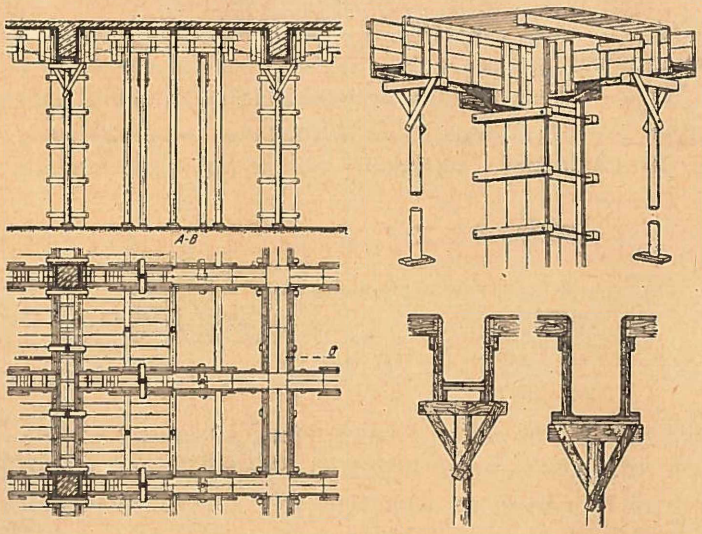
dai sukalami iš kelių ištisai einančių lentų, gi vutams abejuose galuose pridedami dar trumpi lentgaliai. Šoninės lentos sujungiamos į skydus skersinėmis 5 cm lentelėmis (a), kurios prikalamos kas 2 m. Skydai prie dugno prikalami vinimis, o viršuje sustiprinami skersinėmis lentelėmis (andėklomis b), kurios nuimamos padarius plokštės klojinius. Apačioje, po dugnu, per 2 m prikalamos prie vertikalių lentelių (a) tokios pat horizontalės lentelės (a). Iš oro pusės prie vertikalių skydų lentelių (andėklių), 15 cm žemiau viršutinio krašto prikalama horizontalė 5×15 cm lentelė (c, 53 brėž.),

kuri laiko plokštės klojinio skersinius (54 a, b brėž.). Antra 53 brėž. pusė rodo formos piūvį. Formos viduje matomi prikalti 4 × 6 cm tašeliai d, kurie palaiko skersines trumpas vutų dugno lenteles.



54 a brėž. 54 b brėž

Taip įtaisytos antraeilių sijų formos; gi svarbiųjų sijų formos skiriasi nuo aprašytų formų tuo, kad prie jų šonų skersinių vertikalių andėklų (a) nėra prikalamos išilginės lentos (c), bet jų



55 — 58 brėž.

šonuose daromos keturkampės išpiovos antraeilių sijų prijungimo vietose; šitų išpiovų kraštai sustiprinami tašeliais.

Svarbiųjų sijų formos prijungiamos kolonų formų išpiovų

vietose; antraeilių sijų formos prijungiamos vyriausiųjų sijų formų išpiovų vietose.

Sijų formos paremiamos apačioje vieneiliais ar poriniais statramsčiais (54 a brėž.).

Plokštės klojinio skersiniai, kurie dedami ant prikaltų prie formos šonų horizontalių lentelių c, yra daromi iš 5×15 cm lentų. Skersinių tarpusavio atstumas esti 0,60—1,00 m. Šitos pastatytos ant briaunos lentos (skersiniai) sustiprina antraeilių sijų formų sieneles (kartu su viršutiniu klojiniu atremia šoninį betono spaudimą). Jei plokštė šliejasi prie antraeilės sijos, tai skersinio galai nupiaunami įstrižai (54 a brėž). Jei skersinio ilgis didesnis kaip 2 m, jis turi būti paremtas statramsčiu (54 a brėž.).

55, 56, 57, 58 brėžiniai rodo balkinio gelžbetoninio perdengimo planą (kairė pusė — reginys iš apačios, dešinė — iš viršaus), skersinį piūvį, perspektyvą ir statramsčių konstrukciją. 54 e brėž. parodyti stipresni poriniai statramsčiai.

43. Balkinių tiltų pastoliai, formos ir klojiniai.

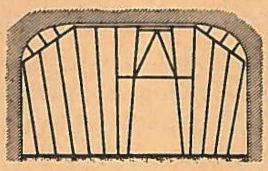
Vartojant pastoliams medį, rąstai yra jungiami į santvaras, kurios statomos per 1—1½ m viena nuo kitos. Esant balkiniam perdengimui, santvarų atstumas imamas toks, koks balkių tarpusavio nuotolis. Pastolių santvaroje miško medžiaga surišama ar suduriama vadinamuose mazguose, kurie balkinių tiltų pastoliams turi gana paprastą nepainią konstrukciją. Sudėtingi įkirtimai vengiami; jų vietoje geriau vartoti geležines fasonines jungiamąsias dalis (plokštes, juostas, sankabas, kertuočius). Kadangi miško medžiaga mazguose yra gniužiama, tai reikia stengtis sumažinti mazgų skaičių, vartojant ilgesnius medžius ir gerai sutaikinti visus įkirtimus. Rąstų ir tašų galai turi būti nupiauti stačiu kampu.

Didelio dėmesio reikia kreipti į tuos mazgus, kuriuose medis yra gniužinamas skersai pluoštų; tosę vietose spaudimas neturi prašokti 15—20 kg/cm². Jei spaudimas didesnis už nurodytąjį (mažoms ir vidutinėms angoms tatai labai retai pasitaiko), tai dedami kieto medžio, skardos arba ⊏ geležies padėliai (99 brėž.).

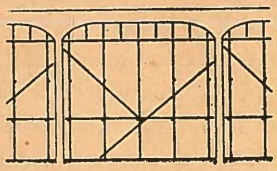
Pastolių konstrukcijai turi didelės reikšmės tas, ar gali būti užstatyta patilčio vieta (ištisai, dalinai), ar po tiltu pastolių visai neturi būti. Pirmuoju atsitikimu, kada patiltis visas užstatomas statramsčiais, pastolius vadiname *ištisais*. Jei dėl tam tikrų priežasčių (praleisti geležinkelio ir gatvės judėjimą, laivus, aukštą

vandenį, ledus ir pan.) negalima ištisai užstatyti po tiltu vietą arba, esant labai aukštam tiltui, pastolių nuo žemės pastatymas labai brangiai kaštuotų, tąsyk taikomi *spragotiniai* (ramstiniai arba rigeliniai ramstiniai) arba kabantieji pastoliai.

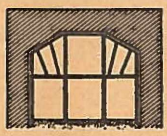
Ištisi pastoliai. Šitoje konstrukcijoje betono svoris netarpinai trumpiausiu keliu perduodamas žemei. Tatai pasiekiama arba paprastaisiais rąstų ar tašų statramsčiais, kurie pastatomi tankiai, dažnai nelygiu tarpusavio atstumu, po formomis ir klojiniais (59 brėž.) arba statramsčių santvaromis, kurioms rąstai ir tašai spe-



59 brėž.



60 brėž.



61 brėž.

cialiai įkertami ir sutaikomi. Jei labai aukšti pastoliai arba nėra ilgų rąstų, tai jie gali būti padalinti į dvi dalis (apatiniai ir viršutiniai, 60 ar 61 brėž.), atskirai pastatant kiekvieną dalį. Statramsčiai skersai ir išilgai tilto tarp savęs surišami ramsčiais ir sančiaupomis. Ant statramsčių dedamas antšulas (apsodas), kuris palaiko pastolių klojiniui nešti sijas. Pastariesiems duodama tiesi arba išlenkta (su prikaltomis lanko pavidalo išpiautomis lentomis) forma ir tuo būdu jos palaiko gelžbetoninių sijų formas ir klojinius.

Jei pastoliai turi būti pastatyti upėje, tai vietoje statramsčių vartojami poliai arba statramsčiai pastatomi ant polių. Šiuo atsitikimu pastolių surišimas išilgai tilto ramsčiais ir sančiaupomis tėra galimas tik nuo aukšto vandens horizonto aukštyn (62 brėž.).

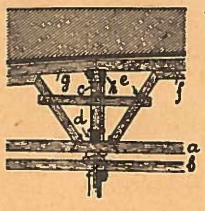
62 brėž.

63 brėž.

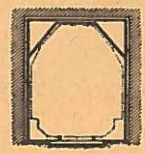
Jei be statramsčių į santvaras įeina dar ramsčiai (įžulnūs spyriai), tai gaunama ramsčių santvara (63 brėž.), kuri dažnai vartojama. Statramsčių ir ramsčių sujungimo detalės matomos iš 64 brėž. Ramsčiai (e) yra dygliu įleisti į viršutinių pastolių spragsiją (a), kurioje išpiautas lizdas. Pastaroji perduoda pastato svorį apatinių

pastolių spragsijai (b). Tarp viršutinių ir apatinių pastolių įtaisyti kyliai. Jei ramsčiai statesni, tąsyk dyglio ir lizdo nedaroma. Viršutinių pastolių statramstis (c) įremtas į skersinį tašą (d). Ramstis ir rigelis nupiauti pagal kampo bisektrisę ir sujungti tarp savęs geležinėmis sankabomis ar juostomis. Viršutinių pastolių fasoninė (laužtinė) sija (g), kuri atitinka perdengimo dugno formą, yra sudėta iš tašų, kurių sudurimai padaryti ant statramsčių; kad padidinus sudurimo vietoje gniužinamąjį plotą, prie statramsčio iš abiejų pusių yra prisuktos varžtais dvi sančiaupos (h), kurios, be to, viršutiniams pastoliams duoda skersinio standumo. Jei betono krūviai labai dideli, tąsyk ramsčių ir statramsčių svoris perduodamas spragsijoms kieto medžio, skardos ar lovinės (I I) geležies padėlių pagalba, paskirstant spaudimą didesniam plotui. Tada, kad apsaugojus statramsčius ir ramsčius nuo pasislinkimo į šoną, jie surišami sankabomis arba geležiniais dygliais.

Spragotiniai pastoliai. Paliekamų geležinkelio judėjimui praleisti angų plotis ir aukštis yra nustatytas gabaritu. Upėms, kuriose plaukioja 40 tonų laivai, paliekama 8—12 m pločio ir 3,5 m aukščio virš aukščiausio plaukiojimo horizonto anga, didesniems kaip 600 tonų laivams — 10 — 12 m pločio ir 4,5 m aukščio anga. Kad apsaugojus pastolius nuo laivų smūgių ir pagadinimų, iš abiejų pusių dažnai įkalami apsaugos poliai. Jei plukdomoji upė,



64 brėž.



65 brėž.

66 brėž.

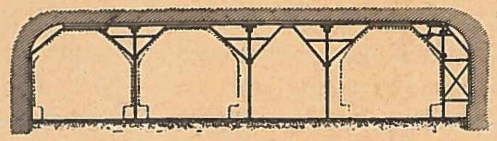
tąsyk angos platumas imamas pagal vandens policijos taisykles; aukštis — mažiausiai 2 m virš aukščiausio plukdomojo horizonto.

Jei tiltas statomas per gatvę su neintensyviu eismu, tąsyk pakanka, kad po tiltu pasiliktų vietos pravažiuoti vienam vežimui (3 m pločio ir 4,5 m aukščio), esant dideliam eismui — 5 m pločio ir 4,5—5 m aukščio.

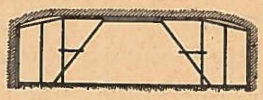
Spragotiniai pastoliai, dažniausiai, būna ramstinės ir rigeliniai — ramstinės konstrukcijos, nes jos geriausiai atitinka balkinių tiltų angų dydžius. 65 — 71 brėžiniai parodo tokių pastolių

schemas; mažesnių angų tiltams tinka paprasta ramstinė (66 brėž.) sistema, didelių angų — rigeliniai ramstinė (67 brėž.) sistema. Ji labai gerai tinka statant tiltus per geležinkelių linijas, nes labai gerai atitinka gabarito formą.

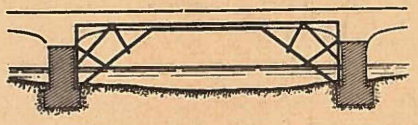
Labai didelių angų tiltams taikomos sudėtinės rigeliniai ramstinės sistemos (sudėtos iš kelių paprastų rigeliniai ramstinių sis-



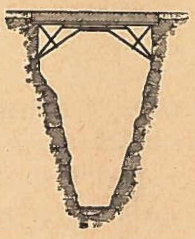
67 brėž.



68 brėž.

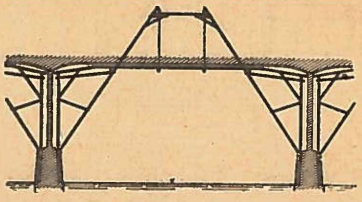


69 brėž.

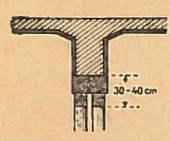


70 brėž.

temu 69, 70 brėž.) pastoliai. Jei, dėl kurių nors priežasčių norima ramsčių padus pakelti dar aukščiau, tąsyk gali būti pavartota jungtinė kabanti — rigeliniai ramtinė sistema (71 brėž.), su kuria galima palikti neužstatytą didesnę angą, negu vien tik su rigeline ramstine sistema.



71 brėž.

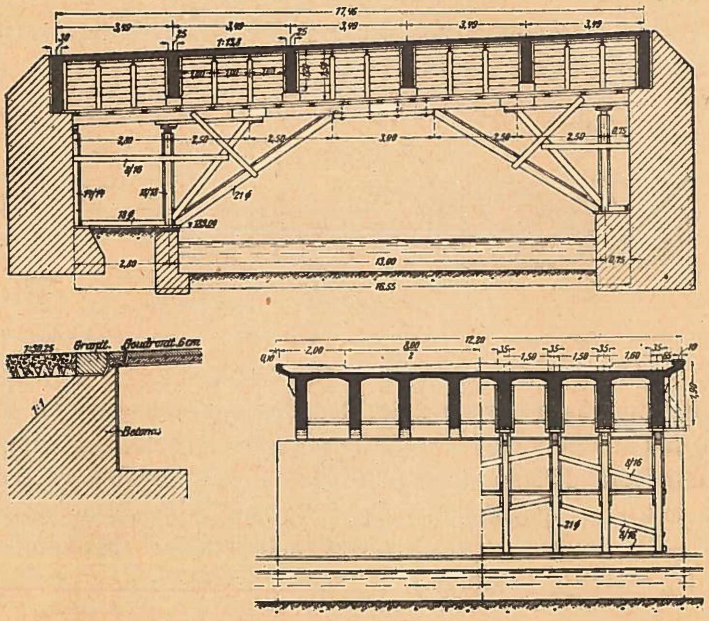


72 brėž.

73 brėž.

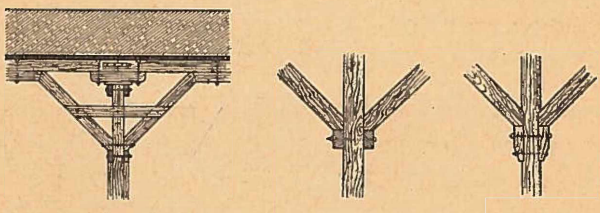
Vidutinių angų tiltų rigeliniai — ramtinė pastolių sistema turi apie 30—40 cm konstrukcinį aukštį. Paskutinis gali būti sumažintas dar 3—5 cm, jei klojiniui nešti sijas (vainiko sijas) panaudoti kaip balkių formų dugną (72 brėž). Norint dar sumažinti konstrukcinį aukštį, reikia statyti santvaras ne po balkiais, bet tarp jų (73 brėž.).

74 ir 75 brėž. parodo rigeliniai — ramstinės konstrukcijos pastolius su jų detalėmis. Rigelis yra pritvirtintas varžtais prie formai nešti sijos, kuri šiuo atsitikimu yra ir spragbalkė (tokių



74 brėž. ir 75 brėž.

yra 8). Jei, dėl didelio ilgio, ši sija turi būti sudėta iš kelių tašų, tai jų sudurimas daromas virš tarpinio statramsčio (76 brėž.) Ramsčių prie tarpinių statramsčių pritvirtinimas parodytas 77



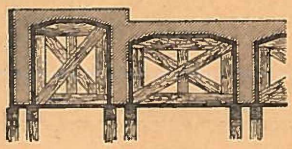
76 brėž. 77 brėž. 78 brėž.

brėž. Pirmuoju atsitikimu ramsčiai remiasi į horizontales sančiaupas, antruoju į kronšteinus (78 brėž.).

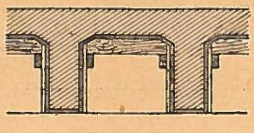
Balkių formų ir plokščių klojinių konstrukcijos yra gana paprastos. Paprasčiausi tipai, kurie yra taikomi balkiniams tiltams

yra atvaizduoti 79 — 86 brėž. Po kiekvienu balkiu čia statoma santvara, kartais net dvi (79 brėž.). Lentų klojiniai dedami arba tiesiog ant viršutinės fasoninės pastolių (vainiko) sijos, arba ant specialių padėklinių sijų, kurioš dedamos skersai santvaros.

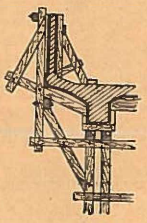
Dažnai daromos ištisos grindys (79 brėž.), kurios kartu atstoja balkių formom dugną.



79 brėž.

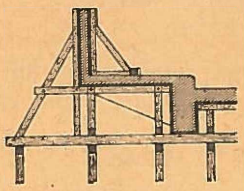


80 brėž.

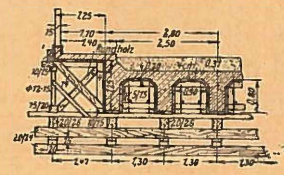


81 brėž.

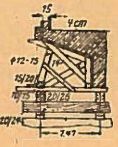
Kadangi tarpusavis balkių atstumas gana žymus, tai šoniniam betono spaudimui atremti ir klojiniui tarp balkių formų sustiprinti įspraudžiamos lentų diafragmos, per 0,5—0,8 m atstumo viena nuo kitos, pagal balkio ilgį. Tačiau, dažniausiai, apsieinama ir be to, taikant paprastą gelžbetonio balkinio perdengimo klojinių konstrukciją (80 brėž.).



82 brėž.



83 brėž.

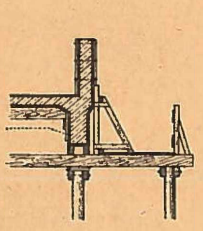


84 brėž.

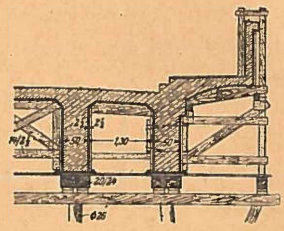
Konsolių formoms paremti taikomi ramsčiai, kurie konsolės formos ir klojinio spaudimą perduoda esančiai po kraštutiniu balkiu pastolių santvarai (81 brėž.). Tačiau tam tikslui gali būti pastatoma viena ar kelios atskiros santvaros (82, 83, 84 brėž.). Tatai tenka daryti ir tuo atitikimu, kada pastoliai daromi su laikinu (darbo) tilteliu (85 brėž.). Turėklių formų konstrukcija parodyta 86 brėž.

87 brėž. parodyta balkinio tilto pastolių pavyzdis. Tai yra iš apvalių rąstų statramsčių sistemos ištisi pastoliai. Po kiekvienu balkiu pastatyta santvara sudėta iš 5 statramsčių 15 cm skersmens,

kurie tarp savęs surišti ramsčiais (įstrižainėmis). Kraštutiniai statramsčiai stovi ant pamatų pakopų, kiti — ant gulėkšlių. Santvarų statramsčiai, esantieji vienoje tilto ašiai statmenoje plokštumoje, yra sujungti į standžius rėmus skersai tilto ant jų galvų padėtais

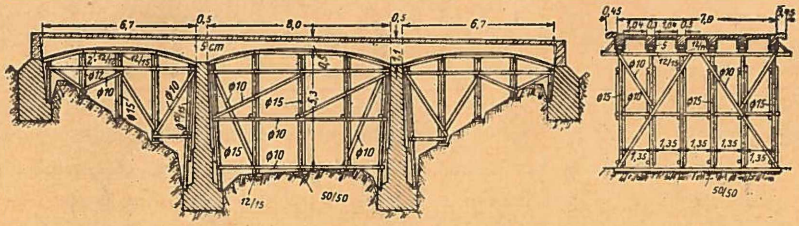


85 brėž.



86 brėž.

apsodais, prikaltomis prie jų sančiaupomis ir įstrižainėmis. Ant apsodų padėta fasoninė (vainiko) sija, kurios viršutinė briauna prikaltų fasoninių lentų pagalba tiksliai atitinka formų apačią.

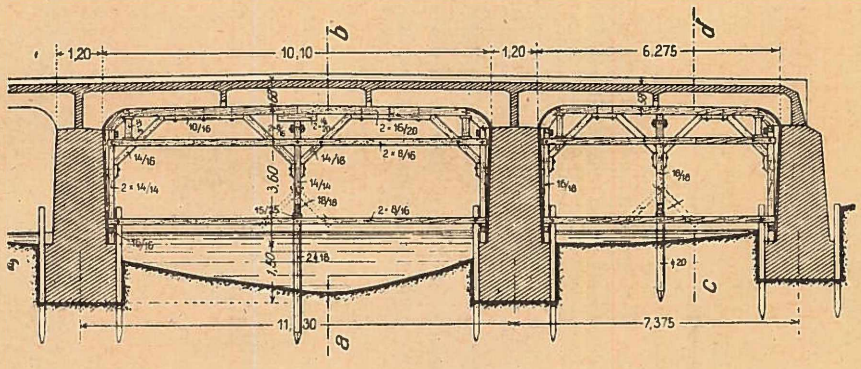


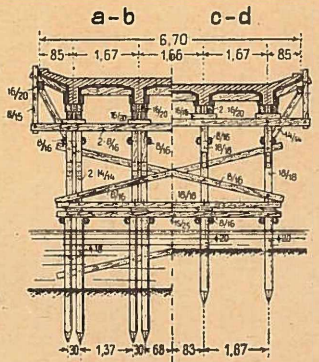
87 brėž.

88 brėž. parodytas balkinio tilto spragotinių pastolių pavyzdis. Tai yra taip pat trijų angų balkinis tiltas (6,27+10,10+6,27). Pastoliai yra sudėti iš dviejų dalių: apatiniai, iškelti kiek aukščiau Ž. V. H. ir viršutiniai — regeliniai ramstinės sistemos.

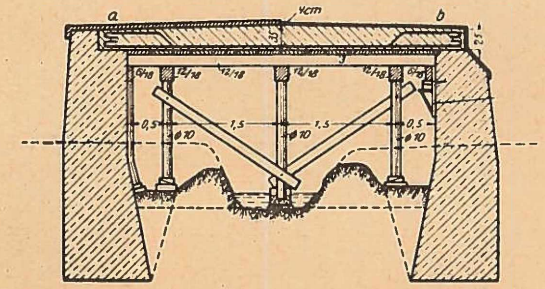
Apatiniai pastoliai susideda iš vidurinės polių eilės (kiekvienoje santvaroje 1 polis) ir 2-jų kraštutinių rąstagalių eilių (taip pat po 1 rąstagalį kiekvienai santvarai); pastarieji pastatyti ant pamatų pakopų.

Viršutinių pastolių svoris jų statramsčiais (kylių ir padėklių pagalba) perduodamas minėtiems apatinių pastolių statramsčiams. Vidurinėje angoje po kiekvienu balkiu stovi dvi santvaros, kraštutinėse — po vieną, tačiau šiose angose vainiko sija dvilinkė (dviguba). Viršutiniai ir apatiniai pastoliai yra išilgai tilto surišti san-

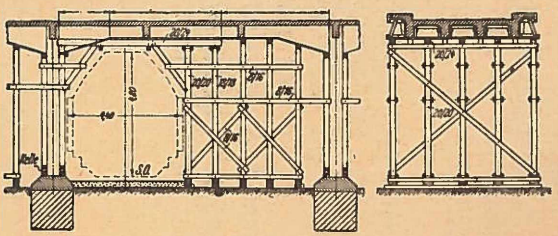




88 břež.



89 břež.



90 břež.

čiaupomis, kurios pašalina horizontalę skėtimo jėgą. Šiuo atsitikimu balkių formų dugnui lentų nereikia, nes jas atstoja vainiko sijos. 89 ir 90 brėž. parodyti dar du pastolių pavyzdžiai.

44. Arkinių tiltų pastoliai, formos ir klojiniai.

Tinkama pastolių konstrukcija ir rūpestingas darbų atlikimas arkiniams tiltams turi net didesnės svarbos, kaip kad plokštiems balkiniams tiltams. Mažiausias klojinių formų su teorija ir apskaičiavimu prasilenkimas iššaukia jėgų atstojamosios arkos viduje pasislinkimą, kuris daugiau ar mažiau pakeičia arkos padų kraštinių briaunų įtempimus. Tad svarbu, kad pastoliai būtų visai pastovūs ir betonavimo metu neįlinktų. Deformacijų visai išvengti negalima, tačiau, jei parinksime tikslią konstrukciją (turinčią minimum lenkiamų dalių), stropiai sujungsim mazguose miško medžiagą ir pavartosime vietoje apvalaus miško tašus — galima jas paversti visai mažomis.

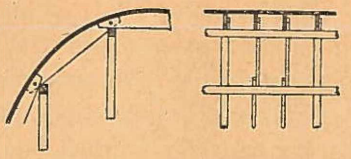
Arkinių tiltų pastoliai yra sudėti iš šių dalių: *klojinys*, kuris netarpinai duoda betonui formą ir priima jo spaudimą, *skliautrėmiai* arba *viršutiniai skliauto pastoliai* (viršutinė skliautrėmių sija vadinama vainiko sija arba skliautsija) ir *apatiniai pastoliai*. Tarp šių dviejų pastolių esti *reguliuojamieji ir nuleidžiamieji įtaisai* (kyliai ir kt.).

Klojinys daromas iš lentų; lentų storis pareina nuo atstumo tarp sklautsijų, kurios tas lentas netarpiškai paremia. Kai šitie atstumai esti vidutiniai (iki 1,5 m), tąsyk imamos 5 — 8 cm storumo lentos arba 8 × 8 ir 10 × 10 cm tašai, kurie klojami statmenai skliautrėmiams. Lentos imamos tokio ilgio, kad jos gulėtų ant kelių skliautrėmių. Jos turi glaudžiai liesti viena kitą, kad nevarvėtų betono skiedinys. Kadangi medis nuo vandens išbrinksta, tai tarp lentų paliekami 3 — 5 mm tarpai. Jei arkos pakila esti maža, tai pakanka tik vidujinių klojinių. Esant didelei pakilai, kad padėtas betonas nenušliaužtų, daromas išorinis klojinys; jis išvedamas pagal betonavimo eigą.

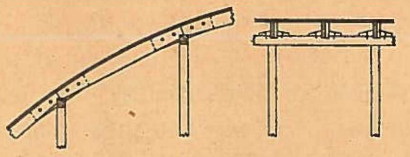
Iš skliauto priekio ir užpakalio daromi šoniniai lentų klojiniai. Jie paremiami spyriais, kurie yra atremti į išleistų klojinio lentų ar tašų galus (išleidžiama kas trečia ar ketvirta lenta arba kas aštuntas tašas).

Jei tilto apačia turi briaunuotą paviršių, sudėtą (skersiniame piūvyje) iš keturkampių balkių, sujungtų horizontalėmis plokštė-

mis (išilginiame piūvyje balkiai ir plokštė turi skliauto formą), tai toks klojinys ir formos daromi kaip ir balkinių tiltų, tiktai jie išlenkiami pagal arkos formą. Jei arka turi didelę pakilą, tai jo dugnas sustatomas iš skersinių (balkio platumo) lentelių, kurios dedamos į formą ir palaikomos išilginiais, pritvirtintais prie formų šoninių sienelių, latais. Esant nedidelei arkos pakilai, dugnas sustatomas iš išilginių lentų, kurios atitinkamai išlenkiamos.

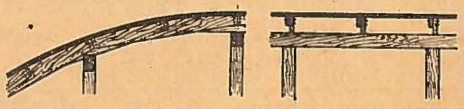


91 brėž.

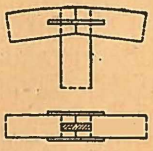


92 brėž.

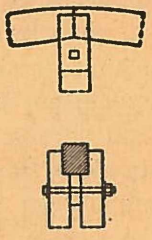
Skliautrėmių tarpusavio atstumas lygus 1—1,8 m, vidutiniškai 1,4 m); kraštutiniai skliautrėmiai statomi kiek atokiau nuo skliauto pryšakio ir užpakalio (kraštų), kad visi skliautrėmiai būtų maždaug vienodai apkrauti. Patys skliautrėmiai turi viršutinę siją (skliautsija), kuri sudėta iš vienos ar kelių ant briaunos pastatytų lentų; lentų viršutinis kraštas yra atitinkamai išpiautas (pagal skliauto formą, 91 brėž.). Lentos imamos tokio storumo: kai mažos angos — 5 cm, kai didelės — 8—10 cm. Kartais vartojami ir tašai. Sudurimų konstrukcija parodyta 92—96 brėž.



93 brėž.



94 brėž.



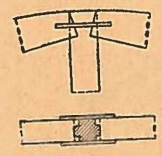
95 brėž.

Kaip matyti, skliautsijos guli ant padėklinių sijų, kurios, kartu su sančiaupomis ir įstrižainėmis, suriša atskiras skliautrėmių santvaras į standžią erdvės santvarą. Tąsyk turime galimybės ant padėklinių sijų statyti papildomąsias spragsijas ir tuo būdu didinti skliautrėmių santvarų tarpusavio atstumą. Apatiniai pastoliai,

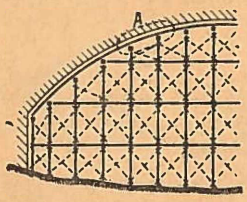
kaip ir balkinių tiltų, skirstomi į ištisus ir spragotinius, pareinamai nuo to, ar gali būti užstatyta visa patiltė, ar ne.

Turint galvoje skliautrėmių nusėdimą, (betonavimo metu), jiems duodama pakilimo atsarga, kuri mažėja, einant nuo skliauto spynos prie padų. Ji apskaičiuojama formule $h = {}^1/_{200}(l - f)$ — standžios sistemos ir ${}^1/_{100}(l - f)$ — ramstinės sistemos pastoliams; čia l — terpė (anga), o f — pakilos strėlė.

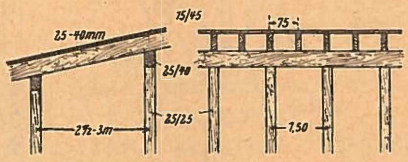
97 brėž. schematiškai parodyta ištisų statramsčių pastolių konstrukcija, o 98 brėž. mazgo dalies A detalės. Kadangi ilgesnių kaip 8 m rąstų sunku gauti, tai pastoliai pastatomi keliais aukštais. Apatiniai pastoliai čia siekia ligi skliauto padų, toliau eina viršuti-



96 brėž.



97 brėž.



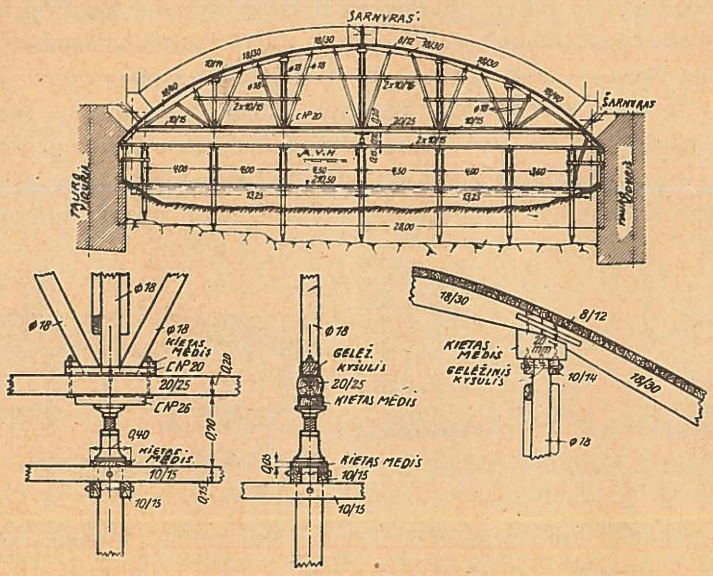
98 brėž.

niai pastoliai (skliautrėmiai). Tarp jų yra kyliai, dideliems skliautams vartojami domkratai arba smėlio dėžės (99 brėž.). Šioje konstrukcijoje atspariosios dalys tėra statramsčiai; įstrižainiai (parodyti punktiru) tik suriša juos į standžią santvarą. Statramsčių tarpusavio atstumas — ligi 2½—3 m, ant jų galų skersai tilto dedamas apsodas; be to, statmenoje tilto ašiai plokštumoje jie surišami įstrižainiais. Ant apsodo dedamos skliautsijos (iš paprastų ant briaunos padėtų lentų, 98 brėž.). Kadangi skliautsijos guli tankiai, tai klojiniui gali būti pavartotos visai plonos lentos.

99 brėžiny parodyti spragotiniai arkiniam tiltui pastoliai ir klojiniai per mažą neplukdomą upę. Apatinius pastolius čia sudaro eilė polių, kurie surišti sančiaupomis. Tarp viršutinių ir apatinių pastolių spragbalkių yra įtaisyti reguliuojami ir nuleidžiamieji įtaisai (domkratai su kieto medžio ir lovinės geležies padėliais).

Pastolių nuėmimas. Skliautrėmiai nuleidžiami labai atsargiai, be sutrenkimų. Todėl skliautams vartojami kyliai tik tada, kai jie esti mažų angų, o kai didelių — vartojami domkratai arba smėlio dėžės. Pastoliams ir klojiniams nuimti laiką nustato darbų vykdytojas. Nė viena klojinio dalis negali būti nuimta, kol nebus pakankamai sukietėjęs betonas. Darbų vykdytojas tame įsitikina

iš garso — kaip skamba, sudavus plaktuku per betoną. Tačiau taip tirti betoną gali tik įgudęs technikas. Kai vėsus arba šaltas oras, tąsyk reikia itin tirti, ar tinkamai yra sukietėjęs betonas, nes



99 brėž.

tokiame ore cementas lėtai kietėja. Pastolius ir klojinius geriau nuimti tada, kai bus gauti patenkinami kontrolinių balkių atsparumo rezultatai.

Žemiau dedamoje lentelėje nurodytas vokiečių techniškomis sąlygomis nustatytas minimalis klojiniams stovėti laikas, kai esti tinkamas oras (dienos temperatūra ne žemesnė kaip +5° C).

12 lentelė.

Kurie klojiniai	Dienų skaičius
1. Šoniniai balkių, taurų, ramtų ir kolonų	5
2. Tarp balkių plokštės	14
3. Balkių ir ištisų plokščių	28
4. Skliautų ir rėmų	35

Svarbiųjų sijų atsarginiai statramsčiai paliekami dar 14 dienų stovėti. Klojiniai nuimami atidžiai ir atsargiai, iš pradžių nuleidžiami klojinių statramsčiai ir skliautrėmiai, jie neišmušami, bet palengva atplėšiami. Plėšiant klojinius nuo balkių ir plokščių reikia daboti, kad ne būtų laužtuvais nulaužomos betono briaunos.

Skliauto klojiniai pradedami nuimti nuo skliauto spynos ir nuosakiai einama prie pado. Nuėmus klojinius reikia švariai nuvalyti nuo lentų betoną ir ištraukti vinis.

Atliekami darbai turi būti įrašomi į dienyną, nurodant kada ir koks darbas baigtas. Šalčio dienos skyrium nurodomos atskiroje skiltyje. Kad išvengus klaidų, reikia ant klojinio chemišku paišeliu pažymėti betonavimo dieną.

45. Geležies armatūra.

Pas mus, kaip ir kitose Europos valstybėse, veik išimtinai vartojama apvalios geležies armatūra. Apvali geležis esti 10—15 m ilgumo ir jos visur galima gauti. Tačiau ilgesnės, pav. 18—22 m, rinkoje nėra, ją reikia specialiai užsakyti dirbtuvėse. 12 a lentelėje nurodytas apvaliosios, daugiausia vartojamos, geležies svoris. Plonesnė geležis iki 12 mm vartojama perdengimų plokštėms, storesnė — balkiams ir pėdžioms.

Darbuose dažnai atsitinka, kad projekte nurodytos geležies negalima gauti. Tąsyk šia lentele pasinaudodamas technikas lengvai gali nustatyti, kokia geležis galėtų ją pamainyti (kad būtų tas pats virbalų sumarinis piūvis).

Prieš vartosiant geležį reikia nuo jos švariai nuvalyti purvą, tepalą ir atšokusias rūdis. Dažniausiai geležis esti aprūdijusi, bet rūdys jai nekenkia, geležiai kenkia tik silpnai sukibusios rūdys. Geležies forma, kiekis, ilgis ir visi kiti matavimai smulkiai nurodomi armatūros brėžiniuose. Brėžiniuose viršuje turi būti nurodyta viršutinė, paskui išlenkta armatūra, o apačioje — apatinė armatūra (100 brėž.). Geležies galai tiek užlenkiami cm, kiek skersmuo turi mm. Kai geležis storesnė kaip 25 mm, tąsyk užtenka užlenkti 25 cm (101 brėž.). Visi lenkiamų dalių ilgiai turi būti pažymėti brėžinyje, taip pat strypų kiekiai ir piūviai. Plokštėms nurodomas ir strypų kiekis, tenkąs 1 ts. m plokštės. Skliauteliuose nurodytas skaičius reiškia bendrą strypo ilgį su užlenkimais.

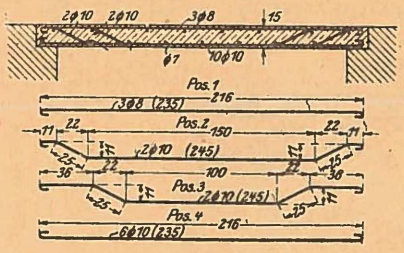
12 a lentelė.

diametras m/m	Svoris kg/m	V (perimetras) cm	F cm²	2 štk. F cm²	3 štk. F cm²	4 štk. F cm²	5 štk. F cm²	6 štk. F cm²	8 štk. F cm²	10 štk. F cm²
1	0,006	0,31	0,008	0,016	0,024	0,031	0,039	0,047	0,063	0,071
3	0,055	0,94	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,56	0,70
5	0,154	1,57	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,57	1,96
7	0,302	2,20	0,38	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	3,08	3,84
8	0,394	2,51	0,50	1,00	1,51	2,01	2,51	3,01	4,02	5,02
10	0,617	3,14	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	6,28	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	9,05	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	12,32	15,39
16	1,578	5,08	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	16,08	20,11
18	1,998	5,65	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,26	20,36	25,45
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,70	18,84	25,14	31,42
22	2,984	6,91	3,80	7,60	11,40	15.21	19,01	22,81	30,41	38,01
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	39,27	49,09
28	4,834	8,80	6,16	12,31	18,47	24,63	30,79	36,94	49,26	61,58
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,26	64,34	80,42
36	7,990	11,31	10,18	20,36	30,54	40.74	50,90	61,07	81,43	101,79
40	9,865	12,57	12,56	25,13	37,70	50,26	62,83	75,40	100,53	125,66
45	12,485	14,14	15,90	31,81	47,71	63,62	79,50	95,42	127,23	159,04

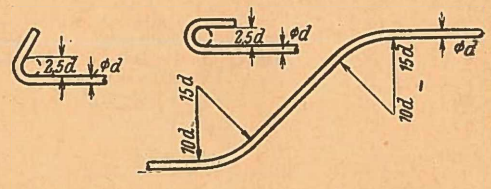
Plokštės esti dvejopa armatūra: *atsparioji* ir *paskirstomoji.* Atsparioji armatūra eina nuo atramos ligi atramai; pageidaujama be sudurimų; jos galai užlenkiami. Paskirstomoji armatūra vartojama 7 — 8 mm skersmens, ji dedama tam, kad surišti ir išlaikyti tarp atspariosios atstumą*) Abi armatūros surišamos 2—3 mm storumo plona minkšta viela. Tarp atspariosios armatūros, kur esti didžiausias momentas, tarpas neturi būti didesnis kaip 15 cm. Reikia žiūrėti, kad visur armatūra gulėtų reikiamoje vietoje. Pageidaujama ir naudinga, kad vienam tiltui vartojama armatūra turėtų kuo mažiausiai įvairių diametrų.

*) Be to, ji priima temperatūrinius įtempimus.

Kad apsaugojus balkių armatūrą nuo rūdijimo ir oro veikimo, reikia žiūrėti, kad ją nuo oro skiriąs betono sluoksnis būtų ne plonesnis kaip 2 cm, plokštėms — 1½ cm. Tad, betonuojant, armatūra dedama ant betoninių kubikų arba statkertinių akmenukų, kubikai daromi tokios pat betono sudėties, kokios ir pats tiltas. Betonuojant armatūra negalima judinti arba lenkti.



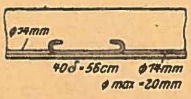
100 brėž.



101 brėž.

Balkiuose, kur tempiama apatinė dalis, reikia labai gerai ją surišti vilktimis su viršutine dalimi. Vilktimi vadinama sulenkta kabės formos (⌊⌋) geležis. Daugiausiai ji vartojama briaunuotoms plokštėms ir paprastiems balkiams. Be to, vilktys dedamos sustiprinti tiems balkiams, kurie turi išlaikyti dideles skėtimo jėgas. Vilktys gaminamos iš 5—8 mm geležies.

Kai tempiamoji armatūra guli viršuje, pav. konsolėse, tada vilktys turi apkabyti viršutinę armatūrą. Iš pradžių vilktys dedamos viršuje tiesios, paskui, padėjus armatūrą, jos tiek išlenkiamos, kad galėtų apkabinti armatūrą.



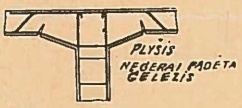
102 brėž.

103 brėž. 104 brėž.

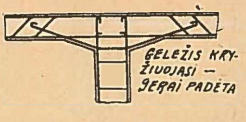
Tempiamoji armatūra reikia dėti, kiek galima, ištisai (nesuduriant). Vienam balkio piūvyje neturi būti daugiau kaip vienas sudurimas. Suduriama tokiu būdu: jungiamų strypų galai su išlenktais kabliais dedami vienas šalia kito taip, kad jų tarpusavio perdengimas būtų ne trumpesnis kaip 40 d, kur d — armatūros diametras (102 brėž.) ir apsukama viela arba pridedamos iš šonų dvi su kabliais išlenktos geležys ir suvirinama (103 brėž.) arba sujungiama su mova (104 brėž.).

Geriau geležis sujungti su mova, bet toks sujungimas labai brangus ir paima daug vietos, tad, dažniausia, sujungiama pagal I būdą. Naudingiau sujunginėti ant išlenkimų arba kur esti mažiausi lenkimo momentai.

Sulankstyta ir kreiva armatūra stengiasi alkūnėse išsitiesti, dėl to plyšta betonas, tad patariama vietoje ištisai einančių lenktų strypų dėti papildomus išlenktus atskirus strypus (105 ir 106 brėž.).



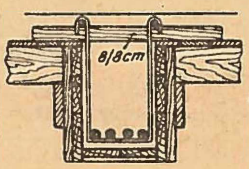
105 brėž.



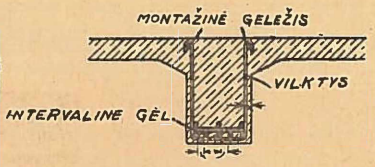
106 brėž.

Normalė balkių atsparioji armatūra — 16, 20, 25 ir 30 mm. Armatūra dedama tokia tvarka: pirma įstatomos į klojinius vilktys, paskui klojama balkių atsparioji armatūra ir taip, kad ištisi strypai patektų į vilkčių kampus, paskui kita armatūra per geležies skersmens didumo tarpą, bet ne arčiau kaip 2 cm; vilktys pririšamos rišamąja viela prie atspariosios armatūros.

Jei armatūros strypai į vieną eilę netelpa, jie dedami į dvi eiles, bet ne daugiau kaip į 3 eiles, tačiau reikia žiūrėti, kad tarp jų būtų paliktas diametro didumo tarpas ir, kad jie gulėtų aukščiau lygiai viens ant kito. Kur nėra viršutinės armatūros, ten reikia padėti taip vadinamus montažinius strypus, vilktims užkabinti. Kolonų armatūra, dažniausiai, surišama prieš dedant į klojinius.



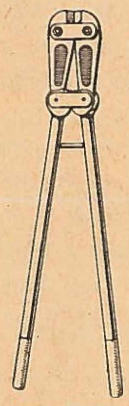
106 a brėž.



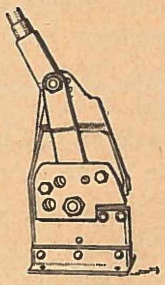
106 b brėž.

Kad atspariosios armatūros strypai būtų pakankamai nutolę nuo apatinio betono paviršiaus, smarkiai apslėgintuose balkiuose (pav. miesto tiltų), apatinė armatūra pakabinama vilkčių pagalba ant viršutinių montažinių strypų (106 b brėž.). Pastarieji turi būti išvesti per visą balkio ilgį ir tiek atsparūs, kad be deformacijų iš-

laikytų svorį visų vilkčių su pakabinta ant jų apatine armatūra. Jie palaikomi statmenai tilto ašiai padėtais mediniais ar betoniniais tašeliais, kurių galai guli ant klojinių (106 b brėž.). Geležinis ar-



107 brėž.

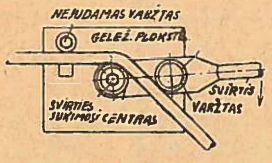


108 brėž.

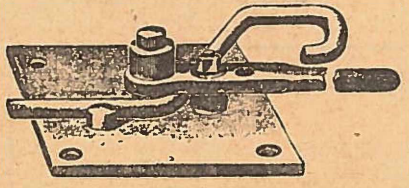
matūros skeletas prieš betonavimą turi būti padėtas nustatytu aukščiu nuo formos dugno. Atskirų strypų pakėlimas betonavimo metu neleidžiamas. Netarpinai prieš pat betonavimą turi būti pa-

109 brėž.

šalinti visi mediniai tašeliai, kurie laikinai įdedami armatūrai palaikyti. Betoniniai tašeliai įbetonuojami.



110 brėž.



111 brėž.

Armatūra supiaustoma tam tikromis žirklėmis (107, 108 brėž.). Jos strypai išlenkiami ant pritaisyto stalo (109, 110 ir 111 brėž.), pasinaudojant įkaltais vinimis arba svirtimi. Kai statomi dideli tiltai, tąsyk armatūra piaustoma ir lankstoma mašinomis.

IV. Betono paruošimas.

46. Betono rūšys.

Gelžbetoniui, kad apsaugojus armatūra nuo rūdijimo (kad gavus glaudų betoną) imama pagal vokiečių normas ne mažiau kaip 300 kg cemento 1-am m^3 betono. Betono glaudumas labiausiai pareina nuo cemento kiekio.

Riebiam betonui reikia daugiau vandens, nes jis turi daugiau smulkių dalelių; tokio betono smulkių dalelių suvilgintinas paviršiaus plotas esti didesnis, negu lieso betono. Oro ir stambesnių dalių šiluma ir drėgmė irgi turi didelės įtakos, tad reikiamo vandens kiekis nevisada išeina vienodas. Vandens priedas duodamas sauso betono mišinio svorio %. Pagal vandens kiekį betonas suskirstomas į šias rūšis:

1. plūktasis betonas (kaip drėgna žemė)... 5—7,5% vandens.
2. minkštasis (plastiškasis) betonas... 7,5—10% vandens,
3. lietasis betonas . . . . . 10—13% vandens.

Reikia pažymėti, kad padidinus vandens kiekį betone jo atsparumas mažėja. Iš 13 lentelės matome, kad didžiausias atsparumas gaunamas su 6% vandens. Betonas su 12% vandens turi tik ⅓ savo normalaus atsparumo.

13 lentelė

Betono sudėtis	1 : 2 : 3		Santykis
Betono rūšis	Vandens priedas sauso mišinio %	28 dienoms praėjus atsparumas kg/cm²	
Pluktasis	5	232	0,76
„	6	**307**	1,00
„	7	267	0,87
Plastiškas	8	223	0,73
„	9	188	0,61
Lietasis	10	157	0,51
„	11	109	0,36
„	12	89	0,29

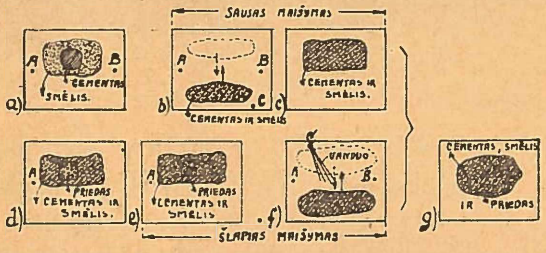
47. Betono maišymas.

Betonas maišomas rankiniu būdu arba mašinomis*). Rankų būdu taip maišoma: kiek galima arčiau statybos ant nuplaniruoto žemės paviršiaus įtaisoma iš 5 cm storumo lentų lygi ir tvirta aikštelė 3×4 m. Klojamos aikštelei lentos prikalamos prie apačioje per 50—70 cm padėtų gulėkšlių. Aikštelė turi būti tiek lygi, kad maišant neužkliūtų už lentų kastuvai. Kad neišdulkėtų cementas reikia aikštelę aptverti. Darbas atliekamas šiuo būdu:

a) Pirma ant aikštelės pilamas reikiamas smėlio kiekis, išsklaidant vienodo storumo sluoksniu, ant smėlio pilamas reikiamas cemento kiekis; prieš maišant, reikia nurinkti popierį, skiedras ir kitas šiukšles.

b, c) Sausai maišoma. Darbininkai A ir B permeta smėlį ir cementą į priešingą aikštelės pusę, kur jie, krisdami ant lentų, susimaišo. Tuo būdu sausa masė du — tris kartus perverčiama pirmyn ir atgal tol, kol gaunama lygiai išmaišyta pilkos spalvos masė (trečias darbininkas C grėbliais padeda masę išmaišyti).

d, e) Ant masės pastatoma be dugno matavimo dėžė, pripilama žvirgždo arba skaldos, po to dėžė nuimama ir žvyras arba skalda lygiai pasklaidoma.



112 brėž.

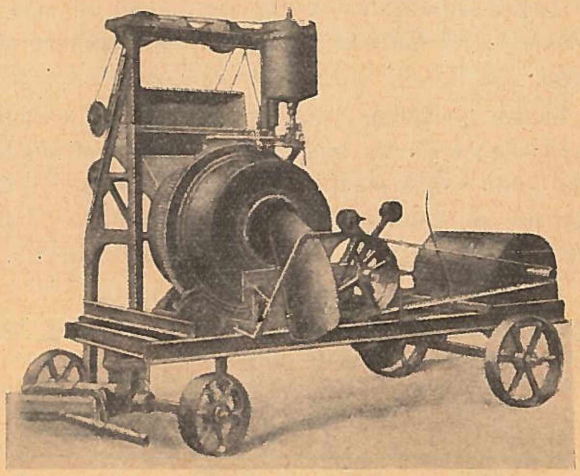
f) Drėgnas maišymas. Masė vėl 3—4 kartus perverčiama kastuvais (kaip sausai buvo maišoma), tačiau šį kartą trečias darbininkas C ją laisto vandeniu ir vėl gerai maišoma. Baigiama maišyti, kai betonas visur lygiai išsimaišo ir neturi nei atskirų frakcijų, nei sausų vietų. 112 brėž. schematiškai parodytas rankų

*) Rankomis maišoma išimtinais atsitikimais ir esant visai mažiems pastatams.

būdu betono maišymas su trimis (A, B ir C) darbininkais. Betoną suvartojus, aikštelė turi būti kastuvais ir šluotomis nuvalyta*).

Betono mašinomis maišymas esminiai niekuo nesiskiria nuo rankinio maišymo. Visa masė iš pradžių maišoma sausa, o paskui maišoma pilant vandenį, tol, kol gaunama vienoda betono masė. Baigiama maišyti, kai žvirgždas apsitraukia vienodai iš maišytu ir vienos spalvos cemento skiediniu.

Dideliems tiltams betonas maišomas mašinomis, nes jis geriau išsimaišo, greičiau ir didesnį kiekį galima paruošti. Visas maišymas trunka 2—3 minutes. Tačiau negalima maišyti mažiau



113 brėž.

kaip 1 minutę. 113 brėž. parodyta betonui maišyti „Jaeger" sistemos mašina. Stambios mašinos (16—20 HP) gali per 10 val. darbo dieną pagaminti ligi 400 m^3 betono masės.

Apskritai, pirmenybė duodama toms mašinoms, kurios betoną maišydamos kartu gerai jį ir išminko.

48. Betono sudėtis ir maišymo proporcijų nustatymas.

Pagal vokiečių normas, nustatant betonui sudėtinių dalių proporcijas (jį gaminant), stambiųjų priemaišų (smėlio, žvirgždo, žvyro) kiekis matuojamas tūrio vienetais (pav. literiais arba hek-

*) Vartojant žvyrą (natūralų smėlio ir žvirgždo mišinį) darbas suprastinamas. Pakanka du syk išmaišyti masę sausame būvy ir tris kartus drėgname. Trys darbininkai per dieną pagamina ligi 5 m^3 betono.

toliteriais), gi cemento kiekis — svorio vienetais (pav. kg). Tuo būdu pasiekiama, kad nežiūrint nepastovaus cemento tūrio vieneto svorio (kuris pareina nuo cemento glaudumo) — betone visada esti vienodas cemento kilogramų kiekis. Bet, kadangi pagal taisykles maišymo vietoje visos medžiagos matuojamos tūrio (o ne svorio) vienetais, tai reikia mokėti nustatyta kilogramais cemento kiekį išreikšti tūrio vienetais — literiais. Čia tenka kiekvieną sykį atsižiūrėtį į cemento tūrio vieneto svorį.

Cemento turio vieneto svoriu laikysim įpilto į matavimo dėžę be kratymo cemento svorį.

Tūrio vieneto svoris reikia žinoti vien tik cemento kiekiui betone nustatyti. Kitiems tikslams jis praktiško pritaikymo neturi. Kad jį nustačius ima 10 literių dėžę ir pripila (be kratymo) cemento, nulyginant jo paviršių lygiai su dėžės kraštais geležiniu virbalu. Pasvėrus sužinome 10 literių svorį kilogramais. Bandymą atliekame 3 sykius ir imame vidutinį aritmetišką. Jei, pav. 10 literių sveria 12,1 kg, tai tūrio vieneto svoris yra $S_{t.v.} = 1000 \cdot 12{,}1 = 1210$ kg/m³

Įvairaus $S_{t.v.}$ *į cemento tūrinį kiekį betone įtakos pavyzdžiai.*

Sakysim 1 m³ sauso betono mišinio turi turėti 120 kg cemento. Kiek literių cemento reikia paimti?

Jei cemento $S_{t.v.} = 1200$ kg/m³, tai tūris, kurį užima 120 kg cemento, nustatomas tokia proporcija:

1000 lit. — 1200 kg
x „ — 110 „

$$x = \frac{120.1000}{1200} = 100 \text{ literių } (= 120 \text{ kg}).$$

Jei cemento $S_{t.v.} = 1350$ kg/m³, tąsyk tie patys 120 kg užima kitokį tūrį, kurį vėl nustatome iš proporcijos.

1000 lit. — 1350 kg
x „ — 120 „

$$x = \frac{120.1000}{1350} = 90 \text{ literių } (= 120 \text{ kg}).$$

Jei cemento $S_{t.v.} = 1050$ kg/m³ (pav. aukšto atsp. cem.), tąsyk

1000 lit. — 1050 kg
x „ — 120 „

$$x = \frac{120.1000}{1050} = 114 \text{ literių } (= 120 \text{ kg}).$$

Vadinasi, vieną syk betonui nustatytas cemento kiekis kilogramais nesikeičia, tačiau cemento tūrinis kiekis (literiais) keičiasi, priklausomai nuo cemento glaudumo.

Neturint prietaisų pasverti, galima skaičiavimui priimti laisvai (be kratymo) įpilto cemento m^3 svorį lygų 1250 kg paprastam cementui ir 1100 kg aukšto atsparumo cementui.

Jei natūralus žvyras yra geros kokybės, tai betono proporcija žymima 1:m, pav.: 1:5, 1:6 ir t.t.

Jei smėlis ir žvirgždas atskirai imami, tai betono proporcija žymima 1:m:n pav.: 1:2:4 (atitinka 1:5), čia medžiaga eina iš kairės dešinėn didėjančiu rupumu: pirma cementas, paskui smėlis ir trečioje vietoje — žvirgždas arba skalda.

14 lentelėje nurodytas betono 1-am m^3 reikalingas natūralaus žvyro (smėlis su žvirgždu sudaro 1:1,5 — 1:2 proporciją) ir cemento kiekis įvairiai betono sudėčiai.

14 lentelė

Betono sudėtis	1 m^3 betono reikia		
	cemento		žvyro ltr.
	kg.	ltr.	
1 : 3	418	335	1010
1 : 4	335	268	1080
1 : 5	278	222	1120
1 : 6	232	186	1150
1 : 7	206	165	1180
1 : 8	183	146	1200
1 : 9	163	130	1210
1 : 10	144	115	1230
1 . 12	121	97	1250
1 : 15	99	79	1280

15 lentelėje nurodytas 1-am m^3 betono reikalingas cemento su smėliu ir žvirgždu kiekis.

15 lentelė

Betono sudėtis	1 m^3 betono reikia			
	cemento		smėlio ltr.	žvirgždo ltr.
	kg.	ltr.		
1 : 2 : 4	280	224	450	900
1 : 2,5 : 5	231	185	450	900
1 : 3 : 6	188	150	450	900
1 : 3,5 : 7	163	130	450	900
1 : 4 : 8	141	113	450	900
1 : 5 : 10	112	90	450	900
1 : 6 : 12	94	75	450	900

Sustatinėjant betonui proporcijas reikia visada atminti, kad cemento ir žvyro arba smėlio svoris esti įvairus, tad sakysim 1:5 betono sudėtis dar nereiškia, kad reikia imti 1 dalį cemento ir 5 dalis žvyro, o 278 kg cemento, ir 1,12 m^3 žvyro arba žvyro 1-am m^3 244 kg cemento.

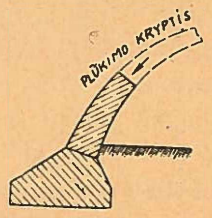
Betono tūrio vieneto svoris labai svyruoja; vidutiniškai jį galima laikyti = 2200 kg/m^3, gelžbetoniui — 2400 kg/m^3.

Į betoną ypatingai kenksmingai veikia druskos, dujos, gyvulių ir augalų riebalai ir rūgštys. Kenksmingai chemiškai įtakai geriausiai pasipriešina glaudus betonas.

49. Plūktasis betonas.

Plūktasis betonas, vartojamas tik toms tilto dalims, kurias galima gerai plukti, vadinasi, daugiausiai grynam, be armatūros, betonui (pamatams, skliautams ir kt.). Ypatingais atsitikimais jį galima vartoti ir gelžbetonio darbams, kur gelžbetonis turi aukštą gniužimui atsparumą, būtent: skliautams, kolonoms ir t.t. arba kur betonas silpnai armiruotas ir gali būti patogiai plūkiamas (pav., pamatų plokštės ir kt.).

Plūktąjį betoną galima dėti tik nuo 20—30 cm storumo sluoksniais: gelžbetonio darbams ne storesniais kaip 15 cm sluoksniais, kurie klojami statmenai veikiančioms konstrukcijos dalyje spaudimo jėgoms, o plūkiama, betonuojant, šitų jėgų kryptimi (114 brėž.). Skliautų spynose, kur gniužiamos jėgos beveik horizontalės, ten šitos taisyklės nesilaikoma ir sluoksniai klojami lygiagrečiai veikiančioms spaudimo jėgoms, o plūkiama, betonuojant, statmena šioms jėgoms kryptimi. Skliautai betonuojami statmenais tilto ašiai dryžais (lamelėmis), taip kad pastoliai būtų simetriškai link spynos apkraunami. Mažų ir vidutinių angų skliautų betonavimas lengviau atliekamas, negu didelių skliautų. Taip pat mažos pakilos skliautų betonavimas lengvesnis, negu labai išgaubtų skliautų, nes čia atskiri padėto betono dryžai patys nečiuožia, tad nereikalinga palaikomųjų formų ir spyrių. Atskirais tarp savęs nesujungtais dryžais dėl to betonuojama, kad sumažėtų slūgimo įtempimai betone, be to, kad neišvengiami pastolių nusėdimai ir deformacijos įvyktų anksčiau, negu dideli arkų plotai bus sube-



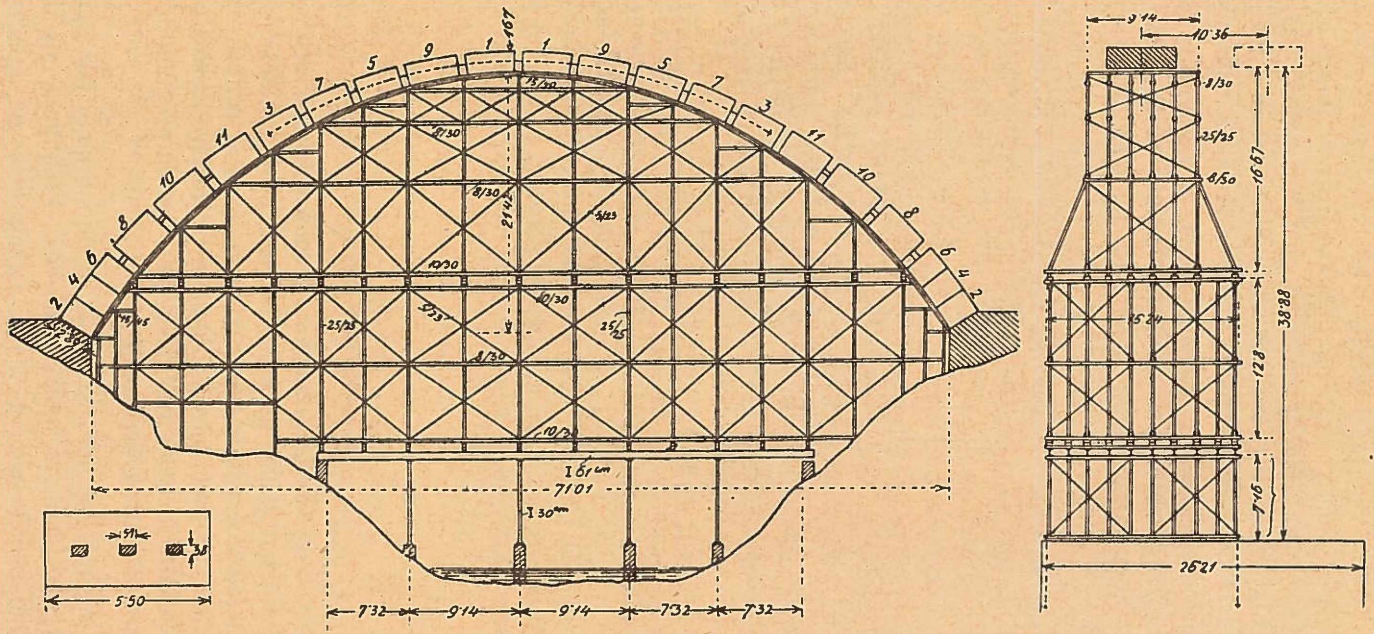
114 brėž.

tonuoti; tokiu būdu apsisaugoja nuo plyšių skliaute. Tad skliautai ir yra betonuojami tokiu būdu, kad nebūtų iš karto jungiami tarp savęs atskiri dryžai. Dalijant skliautą į dryžus kreipiama dėmesio į pastolius. Skliauto dalys, kurios pirma betonuojamos imamos ant skliautremių paskirstytos po visą skliautą, gi siauri neužbetonuotieji dryžai paliekami ant skliautremių sandurų. Gelžbetonio skliautus betonuojant dryžai paskirstomi tik tada, kai padėta apatinė armatūra ir surišta su vilktimis. Tada daroma dryžams lentų klojiniai, statmena skliauto apbrėžimui kryptimi. Klojiniai paspiriami spyriais.

115 brėž. kaip pavyzdys parodyta didelio betoninio tilto betonavimo dryžais eiga (Walnut Lane Bridge). Tiltas sudėtas iš dviejų skliautų, kiekvienas 5,5 pločio. Subetonuotas iš pradžių buvo vienas skliautas, o paskui su tais pačiais (perkeltais) pastoliais — kitas. Kiekviena skliauto pusė buvo padalyta į 11 segmentų (dryžų). Iš pradžių buvo subetonuoti spynos segmentai 1, paskui padų segmentai, paskui viduriniai dryžai 3 ir t.t. brėžiny nurodyta tvarka. Trys artimiausi padui dryžai netarpiniai lietė vienas kitą, tarp visų kitų dryžų buvo tam tikro klojinio pagalba palikti kylio pavidalo neužpildyti protarpiai (viršuje 81 cm, apačioje 61 cm). Kad nenušliaužtų viduriniai dryžai, abipus spynos jie buvo surišti geležiniais įbetonuotais inkarais iš apvalios 30 mm geležies. Kaip matyti iš brėžinio jie surišo dryžus, esančius tarp dryžų 3—3. Apatiniai dryžai 8, 10 ir 11 buvo apsaugoti nuo šliaužimo betono spyriais (tašeliais) po tris kiekvienam protarpy. Jie buvo įspraudžiami tarp jau anksčiau subetonuoto ir kito, virš jo esančio betonuotino dryžo. Protarpiai buvo užbetonuojami labai rūpestingai, plonais sluoksniais. Sykiu buvo užbetonuoti ir paminėti betoniniai tašeliai — spyriai. Dryžo dydis buvo paimtas toks, kad jį galima būtų per 1 dieną subetonuoti.

Betono sluoksnius reikia dėti, kiek galima be pertraukos, kad jie galėtų vienas su kitu gerai susirišti. Kai esti šiltas oras, paruoštą darbui betoną galima laikyti nesuvartotą ne ilgiau kaip 1 val., o kai žemesnė temperatūra ir drėgnas oras — ne ilgiau kaip 2 val. Tokio betono masė turi būti apsaugota nuo oro veikimo, kaip antai: saulės, vėjo, smarkaus lietaus ir t.t; prieš vartojant darbui reikia jis dar kartą permaišyti.

Geriausiai susiriša betonas tada, kai jo sluoksniai šviežiai viens ant kito dedami.

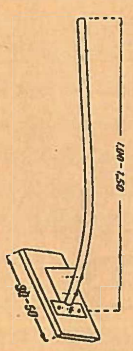


9·14
10·36
8/30
25/25
8/50
16·67
15·24
38·88
12·8
7·16
26·21
7·32
9·14
9·14
7·32
7·32
5·50

115 brež.

Kai šviežias sluoksnis dedamas ant sukietėjusio betono, tąsyk reikia stropiai daboti, kad tokie sluoksniai gerai susirištų: susilietimo plotas, nutraukiant betonavimą, turi būti paliekamas galimai šiurkštesnis, pav., vagotas. Sluoksniai jungiami dantimis ir slenksčiais. Prieš dedant betoną pirma reikia seną, sukietėjusį, nelygaus paviršiaus betoną švariai nuvalyti ir suvilginti vandeniu, paskui padėti ploną riebaus cemento skiedinio sluoksnį; šį sluoksnį reikia laikyti drėgną tol, kol bus padėtas naujas betono sluoksnis.

116 brėž.



117 brėž.

Plūktuvai vartojami kvadratiniai arba keturkampiai. Jų šonas turi 15—20 cm ilgio, sveria 12—16 kg. Kartais ir didesnių matavimų plūktuvai daromi mediniai apkalta geležimi apačia (116, 117 brėž.). Ties kraštais plūkti vartojami mažesnių išmierų plūktuvai iš geležies. Reikia plūkti paskirsčius smūgius lygiai per visą betono paviršių tol, kol betono paviršiuje pasirodys rasa. Dviejų sluoksnių sandura turi būti perdengta aukštesnio sluoksnio viduriu. Kai plūkiami dideli pamatai, tąsyk į betono paviršių galima kartkarčiais pridėti ir stambesnių akmenų; jų atsparumas esti ne mažesnis už betoną. Tokius akmenis reikia švariai nuvalyti, nušluostyti ir žiūrėti, kad jie būtų iš visų pusių gerai betonu aplipę.

50. Išorinis betonas.

Prie plūktojo betono, kartais, dedamas išorinis riebaus betono sluoksnis, kad gavus gražesnę išvaizdą arba glaudesniu sluoksniu apsaugojus betoną nuo oro veikimo. Toks išorinis betonas pagaminamas iš smulkių arba stambių priemaišų, kartais net ir iš parinktų aukštos kokybės priemaišų, pav., marmuro, granito, ar kitokios spalvuotos akmeninės medžiagos.

Išorinis betonas dedamas 5 — 10 cm storumo. Jam plūkti turi būti specialiai padaryti sandarūs klojiniai. Praktikoje taip daroma: paruošiama pleišto pavidalo lenta, viršuje storesnė, apačioje plo-

nesnė daroma tokio vidutinio storumo, kokio bus išorinis betonas, paskui pleištas pridedamas prie klojinių ir plūkiamas pamatinis betonas. Suplūkus, pleištas iškeliamas ir čia pat pilamas paruoštas išorinis betonas ir gerai suplūkiamas. Kai betonas visai sukietėja, jo paviršių galima aptašyti akmens pavidalo; tada rievės dingsta.

51. Minkštasis (plastiškasis) betonas.

Minkštasis betonas turi žymų vandens kiekį. Paimtas ant kastuvo jis pamažėl plaukia į kraštus; jame padarytos duobutės sienelės trumpą laiką stovi ir paskui duobutė išnyksta. Jis vartojamas paprastiems gelžbetoniniams tiltams, kur dėl armatūros sunku plūkti arba net visai negalima ir kur armatūra turi būti iš visų pusių tinkamai apsupta betonu. Prieš betonuojant reikia patikrinti armatūrą ar ji atitinka brėžinius, paskui švariai nuvalyti ir suvilginus vandeniu klojinius, pradėti betonuoti. Kolonoms vartojamas tirštesnis, negu paprastai, plastiškasis betonas.

Betonas paduodamas pusstatinėmis, karukais arba vagonėliais. Kartais tenka betoną pakelti arba nuleisti žemyn. Pakėlimui naudojami kranai. Jei reikia nuleisti, tai negalima tiesiog mesti iš didesnio kaip 2 m aukščio (nes betonas išsisklaidys į sudėtines dalis), bet nuleisti tam tikru, iš lentų ar skardos, įtaisytu lataku. Kai betonuojami perdengimai, tąsyk betonas išverčiamas ant klojinių ir kastuvais iškrečiamas į balkius. Metant betoną kastuvais gaunamas išorinis glaudus betonas, nes stambesnės dalys, susitrenkusios į klojinį, nuo jo atšoka.

Betonui plūkti vartojami siauri, ilgi plūktuvai. Kur lengva prieiti, ten vartojami 10 — 12 cm šono ilgio ir 12 — 20 kg svorio plūktuvai. Betono tešla esti gerai paruošta tada, kai išnyksta visos oro pūslelės ir išskiria iš savęs vandenį. Betono masė turi būti taip padėta, kad ji užpildytų visą paskirtą vietą. Kad atskiri sluoksniai geriau susirištų reikia šviežią betoną dėti prie šviežio, kol jis nesukietėjęs. Plokštę ir balkius, jei tik leidžia tilto dydžiai, reikia betonuoti kartu. Rievės daromos statmenai balkiams. Kai betonavimo darbai pertraukiami, tąsyk prie krašto reikia pastatyti klojinį — lentą; šlaito negalima palikti. Tęsiant toliau betonavimą, lenta nuimama ir paviršius nutepamas cemento skiediniu. Kai tiltas esti didesnių išmierų ir negalima kartu betonuoti plokštę ir balkius, tąsyk pirma betonuojamas balkis ligi vutų pradžios, paskui dedama plokštei armatūra ir po to toliau betonuojama. Prieš betonuojant

plokštę, reikia balkių paviršių kiek galima pašiurkštinti, švariai nuvalyti, suvilginti, palaistyti cemento skiediniu ir, tik po to, betonuoti plokštę. Betonavimą galima pertraukti tik ten, kur esti mažesni įtempimai; konsolių betonavimą negalima pertraukti. Gelžbetoninėms konstrukcijoms sunku duoti išorinį betoną.

Gelžbetoninėms kolonoms ir sienelėms vartojamas tik minkštasis betonas. Čia irgi reikia stropiai prižiūrėti, kad taisyklingai būtų betonuojama, glaudžiai prigultų betonas prie geležies ir klojinių, neturėtų oro pūslelių, vandens perteklius išeitų į paviršių ir neturėtų lizdų. Kai padaužoma iš oro klojiniai, tąsyk gaunamas glaudesnis betonas. Betonuoti iš šono kolonas labai kliudo armatūra; geriausia — tai iš viršaus su ilgais plūktuvais. Kolonoms betonas turi būti paduodamas centriškai, bet ne metamas į šonus, nes tąsyk jis išsisklaido ir nustoja sudėties vienodumo.

Tiltų kolonoms (pėdžioms) betonas dažniausiai vartojamas skystesnis, negu kitoms gelžbetoninėms dalims, bet to visai nereikia ir neapsimoka. Kolonose betonas, einant į viršų, vis skystėja ir labiau panašus į tešlą; vandens perteklius kyla į viršų virsdamas cemento pienu. Toks vanduo arba išleidžiamas per šonines skylutes arba išsemiamas.

Tiltų arkos betonuojamos simetriškai nuo abiejų padų.

52. Lietasis betonas.

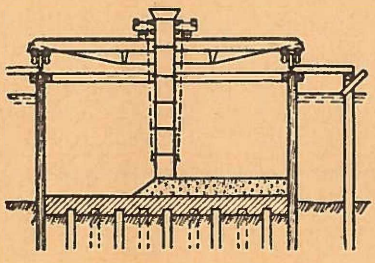
Lietasis betonas turi tiek vandens, kad esti panašus į skystą tešlą. Toks betonas nuteka nuo 1:3 nuožulnumu padėtos lentos. Jis vartojamas tik labai dideliems pastatams. Jį negalima plūkti, bet reikia specialiais įrankiais (ant ilgo koto kabliais) išmaišyti. Betono masė turi būti tiek skysta, kad galėtų užpildyti visus priemaišų tuštumus. Vandens neturi būti daugiau, negu reikia betonui tekėti. Jei lietasis betonas paduodamas lataku, tai jis turi turėti 1:2 arba 1:2½ nuolydį, tąsyk jam laisvai kristi neturi būti daugiau kaip 2 m aukščio.

Lietasis betonas dažniausiai vartojamas ten, kur reikia daug betono. Jis dėl didelio kiekio vandens nėra tiek atsparus kiek plūktasis betonas, bet užtat jis yra glaudesnis. Be to, lietasis betonas yra patogus tuo, kad jis neduoda rievių.

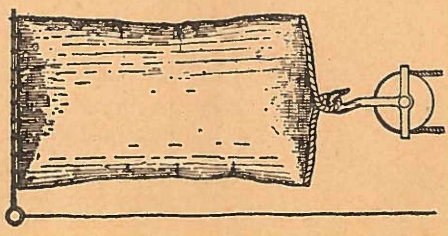
Lietajam betonui reikia duoti sandarius ir stiprius klojinius. Jei visa pastato dalis negali būti išsyk subetonuota, tai betonas liejamas sluoksniais. Nutraukiant darbą, jų paviršius išvagojamas.

53. Piltasis betonas.

Piltasis betonas dažniausiai vartojamas betonuoti po vandeniu, vadinasi, pamatams. Toks betonas turi būti minkštas ir be oro, nes kitaip vanduo jį išspaustų. Jis turi būti pakankamai riebus, nes dalį rišamosios medžiagos išplauna vanduo. Kad betoną neišplautų vanduo, jis nuleidžiamas į vandenį piltuvais, (118 brėž.), (trichteriais) su atidaromu dangčiu arba paneriamomis dėžėmis ar maišais, kad pilant jį neišsklaidytų vanduo. Prieš nuleidžiant į vandenį piltuvą, jis pripilamas betono, tačiau betono piltuve paviršius per visą betonavimo laiką turi būti aukščiau vandens horizonto.



118 brėž.



119 brėž.

Dėžės ir maišai su betonu (119 brėž.) nuleidžiami ligi pat betonavimo paviršiaus uždarame būvy. Betono sluoksnius reikia pilti laiku vieną prie kito, kad geriau susirištų. Betonuojamas kotlovanas turi būti tiek sandarus, kad jame ramiai stovėtų vanduo, nes jis tekėdamas gali išplauti iš betono cementą; tad vandens sėmimas turi būti tuo laiku sustabdytas.

54. Betono prižiūrėjimas kietėjimo metu.

Betoną reikia ne tik gerai padėti (išpilti), bet ir stropiai prižiūrėti, kai jis kietėja. Šviežią betoną reikia apsaugoti nuo šalčio, vėjo, lietaus ir saulės spindulių. Džiūdamas nuo vėjo ir saulės betonas plečiasi ir suplyšta; tokie besiplečią plyšiai gali pakenkti visam tiltui. Tad per visą kietėjimo laiką reikia betoną laistyti arba apdengti šlapiais uždangalais arba apkasti šlapiu smėliu. Suvilginimas kietėjimo metu teikia betonui stiprumo, bet iš kitos pusės reikia apsaugoti šviežią betoną nuo smarkaus lietaus, nes gali išplauti iš viršutinio sluoksnio cementą. Vėsus oras lėtina betono

kietėjimo procesą, o stiprus šaltis ir visai sustabdo. Nuo šalčio betono tūris mažėja (susitraukia).

Reikia pažymėti, kad naktį temperatūra krinta žemiau, tad, betonuojant šaltam ore, reikia tatai turėti galvoje. Kadangi šaltis ardo betoną, tai betonuojant šaltyje, reikia pilti visai mažai vandens, kad tas tik turėtų minkšto betono vardą. Kai šala, betoną reikia apdengti šiaudais ar šienu. Kai šala ligi — 3° C, tasyk vandenį, smėlį ir žvyrą pageidaujama sušildyti; sušalusios medžiagos negalima dėti.

Kai stipriau šala, pav., daugiau kaip — 3° C, tąsyk betonuojama tik būtinam reikalui atsitikus; tada reikia atitinkamai sušildyti vandenį ir priemaišus, (iki 30° C), apdengti betoną šiaudais, maišais ir ilgiau palikti formose. Betonuojant didesniame šaltyje aplink betonuojamąją konstrukciją daroma apšildoma patalpa.

Vandens sušalimo taškui pažeminti arba betono kietėjimui pagreitinti dedama priemaišų, pav.: vandeniui — druskos, o betonui sodos arba chloro kalcijo. Tačiau šiuos priemaišus reikia labai atsargiai vartoti, nes jie gali sumažinti betono atsparumą, palikti negražių dėmių ir suplėšyti.

Kai šala, naudingiau vartoti aukštos kokybės cementą, nes toks cementas duoda pačioje kietėjimo pradžioje stiprų atsparumą, išvysto tuoj aukštą temperatūrą. Yra atsitikimų, kad tiltai sugriuvo dėl netaisyklingo vartojimo betono šalčių metu. Dėl to reikia statybos vietoje keletą kartų per dieną patikrinti temperatūrą ir įrašyti į statybos dienyną.

Ant sušalusio betono negalima kloti naujo; reikia sušalusią dalį pašalinti. Kai praeina šalčiai, galima toliau betonuoti, tačiau reikia sušildyti esamo betono paviršių, švariai nuvalyti ir palaistyti cemento skiediniu.

Betonuojant žemoje temperatūroje reikia laikytis šių perspėjamųjų normų:

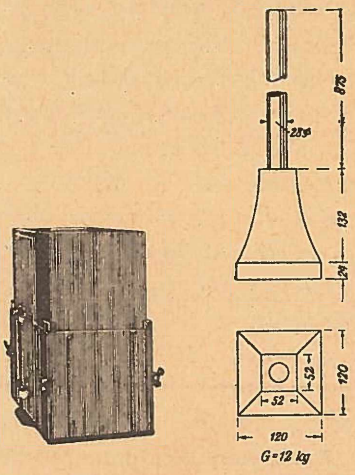
Betonuoti:

Atsargiai, kai temperatūra nuo +5 ligi 0° C.
Labai atsargiai, kai temper. „ 0° „ — 3° C.
Pavojinga, „ „ „ — 3° ir žemiau; tuo metu galima dirbti tik pavartojus tam tikras atsargumo priemones.

55. Betono kokybės išbandymas.

Bandomieji kubikai. Tiltus, ypač didesnius, statant, kiekvienai betono rūšiai (plūktasis, minkštasis arba lietasis betonas) atliekami pagamintų betono kubikų gniužimui atsparumo tyrimai. Nustatomas kubikų dviejų rūšių atsparumas W_{b28} ir W_{e28}. Pirmuoju atsitikimu išbandyti imama tokia pat betono masė (su tokiu pat vandens kiekiu) kuri vartojama statyboje. Antruoju atsitikimu betonui teduodama tiek vandens, kad gautųsi drėgnos žemės pavidalo betonas. Pirmojo betoninio kubiko praėjus 28 dienoms atsparumas W_{b28} laiduoja, kad vartojamo statyboje betono atsparumas nebus žemesnis už nustatytas ribas, antrojo kubiko gniužimui atsparumas po 28 dienų (W_{e28}) esti galutinas statybos medžiagos bandymas; jis leidžia spręsti apie medžiagų kokybę, proporcijas ir sumaišymo būdą.

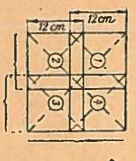
Reikia pažymėti, kad žemės drėgnumo betono kubikų atsparumas tyriamas dėl to, kad pirmasis kubikų bandymas neduoda visai patikimų davinių spręsti apie statyboje vartojamo betono atsparumą. Ant klojinių greit dingsta žymus plastiškojo betono vandens kiekis (nuteka pro plyšius). Gaminant gi geležinėje formoje betono kubiką (plūktasis betonas), vanduo negali dingti, tad betono atsparumas išeina mažesnis, nes jame yra daugiau vandens. Taigi matome, kad statyboje vartojamas betonas visada yra tvirtesnis, negu W_{b28}.



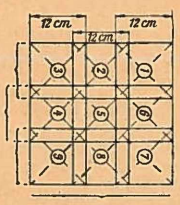
120 brėž.

Kiekvienam bandymui imama ne mažiau kaip 3 kubikai. Nustatyti W_{b28}, betono masė imama iš įvairių pastato dalių. Bandomiems kubikams pagaminti taikomos geležinės formos su plynais šoniniais paviršiais, (120 brėž.). Jei betonas su stambiais priemaišas—vartojamos 30×30×30 cm formos, grynam betonui, kuris vartojamas gelžbetonio tiltams — 20×20×20 cm. Žemės drėgnumo konsistencijos ir plastiškam betonui plūkti taikomi specialūs kvadratiniai 12 × 12 cm plūktuvai (121 brėž.), 12 kg. svo-

rio. Lietasis betonas formose išmaišomas tais pačiais kabliais ir geležgaliais, kurie vartojami statyboje. Plūktuvų smūgiams nukreipti ir su kaupu pripiltam betonui laikyti, viduje formų įstatomi geležiniai rėmai, kurie glaudžiai šliejasi prie formos sienučių. Betono masė dedama dviem sluoksniais; jų aukštis — 12 cm, esant 20 cm formoms ir 18 cm — esant 30 cm formoms. Prieš dedant antrą sluoksnį pirmojo sluoksnio paviršius pašiurkštinamas. Lietasis betonas pilamas vienas sluoksnis tuoj po kito. Reikia žiūrėti, kad nebūtų lizdų (tuštumų); prisišliejusius prie sienelių akmenukus reikia kastuvėliu ar kitu įrankiu prakišti žemyn. Plūkti reikia delėmis. Plūktuvas pakeliamas 25 cm esant didelei (30 cm) formai, ir 15 cm — mažai.



121 brėž.



122 brėž.

30 cm. formoms kiekviena iš devynių plūkiamų vietų (121 brėž.) gauna po tris smūgius; 20 cm formoms kiekviena iš keturių plūkiamų vietų (122 brėž.) — taip pat po tris smūgius. Toks plūkimas kartojamas keturis sykius taip, kad kiekviena plūkiama vieta gauna iš viso 12 smūgių.*) Baigus plūkti, geležiniai rėmai ištraukiami, išsikišęs betonas nuimamas geležinia linijokle, kad paviršius būtų visai plynas. Esant plastiškam betonui, kubikai, nuėmus rėmus, kurį laiką neliečiami, kol betonas pradės susiimti; tik tada galima išlyginti masė. Tas pats ir su lietuoju betonu, tik jis pilamas be rėmų. Ant kiekvieno kubiko turi būti pažymėta pagaminimo data ir mišinio proporcija. Kubikai turi gulėti formoje mažiausiai 24 valandas. Nuėmus formos sienutes, jie turi dar išgulėti 24 val. ant formos dugno. Paskui jie dedami ant medinio rostverko uždaron patalpon, kurioje turi būti ne žemesnė už $+3^0$ C temperatūra ir gerai vėdinamas oras. Taip jie ir laikomi ligi bandymo ar išsiuntimo dienos. Pradedant nuo antros laikymo dienos jie turi būti užkloti drobiniu maišu, kuris pirmas 5 dienas laikomas šlapias. Išsiunčiant, kubikai įpakuojami į sausas piūvenas.

Plastiškojo (su geležine armatūra) betono kubikai, pagaminti 20 cm dėžėse turi rodyti šį minimalų atsparumą W_{e28} ir W_{b28}

Esant paprastam portland cementui

$$W_{e28} = 200\ kg/cm^2, \quad W_{b28} = 100\ kg/cm^2.$$

Esant aukšto atsparumo portland cementui

$$W_{e28} = 275\ kg/cm^2, \quad W_{b28} = 130\ kg/cm^2.$$

*) Bendras smūgių skaičius: esant 30 cm formai — $9 \times 3 \times 4 \times 2 = 216$, esant 20 cm formai — $4 \times 3 \times 4 \times 2 = 96$.

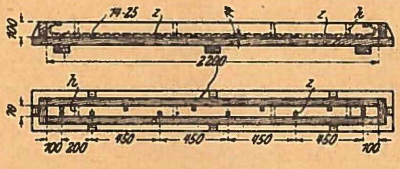
16 lenteleje parodytas plūktojo betono gniužimui atsparumo augimas.

16 lentelė.

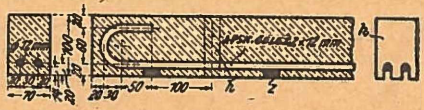
Kietėjimo laikas	D i e n ų				
	3	7	28	45	100
Atsparumas %	35—50	60—75	100	105—115	115—150

Kontroliniai balkiai. Betoniniams, ypač gelžbetoniniams tiltams išbandyti vartojami vadinami kontroliniai balkiai. Jie labai tinka nustatyti, kada galima nuimti pastoliai ir klojiniai, kai betonavimas atliktas vėsiam orui ar šalčiui esant; taip pat jie leidžia nustatyti betono atsparumą. Apie betono kokybę sprendžia iš kontrolinio balkio ir kubiko laikinųjų gniužimui atsparumų santykio, kuris neturi būti mažesnis už $^4/_3$. Inž. Petry nurodo, kad išskaičiuotas perlužusio kontrolinio balkio gniužimui atsparumas yra 1,6 — 1,7 syk didesnis už kubiko gniužimui atsparumą. Pavyzdžiui, jei lenkiamo balkio iš aukšto atsparumo cemento laikinas gniužimui atsparumas (prie lenkimo) po 7 dienų lygsta 250 kg/cm², tai kubiko atsparumas tąsyk bus: 250:1,7 = 147 kg/cm².

Pagal austrų normas kontroliniai balkiai gaminami po pastoge medinėse formose ir išbandomi statybos vietoje. Formos parodytos 123 brėž. Vidujinės formų sienelės plynos; prieš dedant betoną jos palaistomos vandeniu. Balkiai turi turėti dydžius ir armatūrą, parodytus 124 brėž. Armatūra turi būti paruošta prieš



123 brėž.

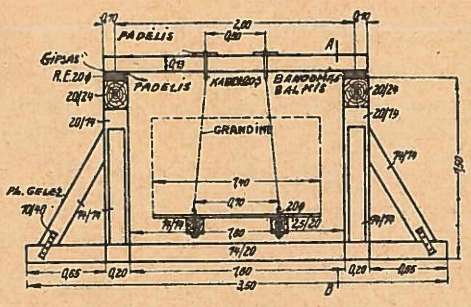


124 brėž.

betonavimą ir taip formose padėta, kad betonuojant ji savo padėties nekeistų ir neslinktų. Tam tikslui medinėse formose po armatūra dedamos cemento lentelės z (123 ir 124 brėž.), o tarp virbalų — geležinės ar medinės plokštelės h (124 brėž.). Kai forma pripildyta betono ir armatūra jau nebegali pasislinkti, plokštelės ištraukiamos, o likę tuštumos užpildomos betonu. Kontroliniai balkiai laikomi formose ne mažiau 24 val., po to nuima-

mos šoninės sienelės; praėjus 5 dienoms, per kurį laiką jie gausiai laistomi vandeniu, balkiai nuimami nuo formos dugno ir pernešami į uždarytą apšildomą patalpą.

Bandymas atliekamas 42 dienoms po pagaminimo praslinkus, su 125 brėž. atvaizduotu prietaisu, kuris gali būti darbų vietoje įtaisytas. Kontrolinis balkis padedamas ant prietaiso viršutinių tašų ir apkraunamas dviem sukoncentruotais krūviais, kiekvienas 25 cm atstume nuo balkio vidurio. Balkio galai dedami ant geležinių padėklių, užlejant gipsu. Po padėkliais statmenai balkiams dedama apvali 20 mm geležis — centriniam spaudimo perdavimui. Tokie pat padėliai dedami po apvalios geležies virbalais ant prietaiso tašų. Kontroliniai balkiai turi būti taip padėti, kad jų šoniniai paviršiai būtų visai vertikalūs, o padėkliai horizontalūs. Krūvis dedamas ant balkio su grandinėmis pakabintos plotmelės. Grandinių galai viršuje pritvirtinti prie dviejų vilkčių (pavalkų), kurie perduoda krūvio svorį padėliams; padėlių paviršius toks, kad jie perduoda slėgimą tiksliai balkio viduriui. Apkraunant plotmelę vengiama smūgių, kratymo ir plotmelės supimosi. Įlinkiai nustatomi su specialiais prietaisais (pav. Grio). Pasireiškiant pirmiems plyšiams tolesnį apkrovimą padidina labai mažomis porcijomis. Laužiamuoju krūviu P_0 laiko tokį krūvį, esant kuriam įlinkis nuolat auga be tolimesnio krūvio padidėjimo. Skaičiuojama taip:



125 brėž.

Momentas ties balkio viduriu bus:

$$M = \frac{G.l}{8} + \frac{P \cdot 3}{2 \cdot 8} l = \frac{3}{2 \cdot 8} l (P + {}^2/_3 G),$$

kur P — plotmelės svoris kartu su pilnu krūviu, o balkio svoris

$$G = 2\,400 \times 0{,}07 \times 0{,}1 \times 2 = 33{,}6 \text{ kg}.$$

Tuo būdu:

$$M = \frac{3 \times 200}{2 \times 8} \times P_0 = \frac{300}{8} P_0,$$

kur: $P_0 = P + {}^2/_3 G$, $x = \frac{15f}{b}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2bh_1}{15f}}\right] =$

$= \frac{15 \times 2{,}5335}{7}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 7{,}875}{15 \times 2{,}5335}}\right]$; $x = 5{,}2875$ cm ;

$$\sigma_b = \frac{2M}{b\left(h_1 - \frac{x}{3}\right)} = \frac{600 P_0}{8 \times 7\left(8{,}75 + \frac{5{,}2875}{3}\right)} = \frac{600 P_0}{1807},$$

arba apvaliu skaičiumi: $\sigma_b = \frac{P_0}{3}$ kg/cm²,

kur $P_0 = P + {}^2/_3 G$, o ${}^2/_3 G = 22{,}4$ kg .

Nurodytos austrų normose 6-ių savaičių terminas yra perilgas, todėl patariama be to pagaminti balkių ištirti po 7 dienų ir 4-ių savaičių stovėjimo.

Gautasis gniužimui atsparumas (prie lenkimo) turi atitikti šias normas:

Paprastasis cementas { po 7 dienų $B_7 \geqq 120$ kg/cm², po 28 dienų $B_{28} \geqq 170$ kg/cm² ;

Aukšto atsparumo cementas { po 7 dienų $B_7 \geqq 170$ kg/cm², po 28 dienų $B_{28} \geqq 220$ kg/cm² .

Betono ir gelžbetonio darbų priėmimas. Visi gelžbetoniniai pastatai prieš pradedant juos eksploatuoti turi būti patikrinti. Patikrinimas atliekamas ne anksčiau, kaip savaitė klojinius nuėmus ir būtent — plūktajam betonui — ne anksčiau kaip 4 savaitėms ir lietajam betonui — ne anksčiau kaip 6 savaitėms po betonavimo praslinkus. Patikrinimui skiriama komisija. Priimant tiltus visada atliekamas bandomu apkrovimu patikrinimas. Išoriniai pastatas patikrinamas nuodugniai sulyginant jo, matavimo vietoje patirtas, išmieras su projekto išmieromis, taip pat nustatant darbo kokybę, padaužant plaktuku, kaltu, patiriant kokį duoda garsą. Tiltai bandomi statišku arba dinamišku apkrovimu. Statiškas apkrovimas (maišai su smėliu, bėgiai ir p.) didinamas pamažėl, nuosakiai apkraunant visą tiltą. Bandant dinamišku apkrovimu jis užvedamas ant tilto palengva, be dūžių. Bandomasis apkrovimas paliekamas laikui, kuris yra pakankamas įlinkio strelei pasiekti savo maksimalinio dydžio ir nustoti augus. Tiltų paslankiems krūviams toks terminas yra nustatytas ne trumpesnis

kaip 6 valandos. Per tą laiką matuojami tamprūs įlinkiai, o nuėmus matuojamas liekamasis įlinkis. Matuojama specialiais (pav. Grio) prietaisais, kurie leidžia nustatyti tikslumu ligi 0,1 mm. Nustatant gautus įlinkius reikia turėti galvoje galimą atramų nusėdimą; tam tikslui atramose turi būti pastatomi kontroliniai prietaisai. Įlinkis po krūviu turi augti ne ilgiau, kaip per pirmas 8 jo veikimo valandas; jei ir toliau įlinkis auga, tai tiltas skaitomas netinkamai pastatytas. Laukiamo tampraus įlinkio po krūviu dydis turi būti išskaičiuotas ir gautasis bandymo metu įlinkis neturi būti didesnis už išskaičiuotąjį daugiau kaip 1½ syk. Liekamasis įlinkis išmatuotas 12 val. po krūvio nuėmimo neturi būti didesnis kaip 25% nuo bandymo metu nustatyto įlinkio. Jei įlinkis specialiai nebuvo išskaičiuotas, tąsyk laikoma, jog dviem laisvom atramom sija gali turėti įlinkį ne didesnį kaip $^1/_{750}$ terpės, nesukarpyta ir įtvirtinta sija — ne didesnį kaip $^1/_{1000}$ ir arkų — ne didesnį kaip $^1/_{2000}$ terpės ilgio.

V. Pamatai ir atramos.

56. Grunto rūšys.

Tiltų savasis ir paslankusis svoriai perduodami per ramtus ir taurus gruntui. Atramų tvirtumas ir vietoje pastovumas (nenusėdimas) pareina nuo pamatų tinkamo įrengimo, tad reikia arba pasiekti tinkamą gruntą, kuris galėtų išlaikyti spaudimą, arba dirbtinai jį sustiprinti. Gruntas esti trejopas: a) tvirtas, b) vidutinis ir c) silpnas.

a) Tvirtu gruntu laikoma: kieta uola, kietai susigulėjęs grynas (be priemaišų) žvyras ir smėlis, sausas šlynas ir molis.

b) Vidutiniu gruntu laikoma: šlapias šlynas ir molis, šlapias susimaišęs su molu smėlis, vandens primirkęs smulkus smėlis.

c) Silpnu gruntu laikoma: juodžemis, durpės, dumblas, piltinė žemė.

Kieta uola esti tvirtas pamatas, jei jos sluoksnis ne plonesnis kaip 3 m, ir ji horizontaliai sluoksniuojasi.

Žvyras, smėlis irgi esti tvirti pamatai, jei jų sluoksnis ne plonesnis kaip 3 — 4 m; plaukiantis smėlis irgi gali išlaikyti didelį spaudimą, jei vanduo stovi vietoje — neteka. Tačiau, jei vandenį tenka semti, tai reikia žiūrėti, kad išjudintas smėlis vėl susigulėtų.

Molis ir šlynas, jei neprimirkę vandens ir guli ne plonesniu kaip 3 m sluoksniu, laikomi tvirtu gruntu. Tuo momentu šlapias molis gali išlaikyti ir didesnį spaudimą, bet per ilgesnį laiką jis deformuojasi.

Juodžemis, durpės ir piltinė (supilta) žemė yra silpni gruntai ir netinka priimti tiesioginį apkrovimą. Kai tokio grunto plonas sluoksnis, tąsyk reikia pasiekti tvirtą gruntą. Jei to negalima pasiekti, tai silpną gruntą reikia dirbtinai sustiprinti.

Jei mišrūs sluoksniai, pav., žvyro ir smėlio, guli ant uolos, (uola ne labai giliai), tai juos reikia nukasti ir pamatą statyti ant nuogos uolos. Jei žvyras ir smėlis guli ant stipraus molio sluoksnio, tai pamatą reikia nuleisti ligi molio arba tą pat atlikti atvirkščiai, jei šitie gruntai pasikeičia vietomis.

Jei tarp tvirto grunto sluoksnių yra ploni silpno grunto sluoksniai, tai pamatą reikia nuleisti ligi tvirto arba silpną dirbtinai sustiprinti.

57. Grunto atsparumas.

Didžiausias leidžiamas grunto ploto vienetui spaudimas vadinamas grunto atsparumu. Jei F — pamato plotas cm^2, o g — grunto atsparumas kg/cm^2, tai tąsyk gaunamas pilnas leidžiamas gruntui spaudimas $K = F \cdot g$ kg. Visą šį spaudimą negalima sunaudoti, bet reikia padauginti iš atsargos koeficiento, kuris esti tarp $^1/_8$ ir $^1/_{10}$. 17 lentelėje nurodyti vidutiniai leidžiamo spaudimo dydžiai nuo įšalimo (1,0 — 2,0 m gilumoje) apsaugotiems pamatams.

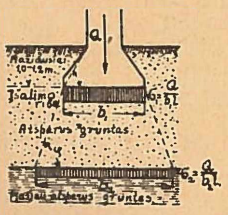
17 lentelė.

Eilės Nr.	Grunto rūšis	Leidžiamas spaudimas kg/cm^2
1	Uola	20 — 30
2	Minkštas akmuo	7 — 20
3	Stambus žvyras	5 — 7
4	Susigulėjęs smėlis	3 — 5
5	Smulkus smėlis	2 — 3
6	Plaukiantis smėlis	0 — 2
7	Kietas šlynas ir molis	2 — 3
8	Drėgnas šlynas, molis	0,5 — 1,0
9	Piltinė žemė	0,5 — 1,0
10	Juodžemis	0,5
11	Durpė	0

Profesorius Engels nurodo šiuos leidžiamus gruntui spaudimus:

18 lentelė.

Grunto rūšis	Leidžiamas spaudimas kg/cm²	Pastaba
1. Kieta uola . . .	20—30	Mažiausias klodo storumas — 3 m. Sluoksniavimas — horizontalis
2. Minkštos uolų padermės	7—15	
3. Gerai susigulėjęs žvyras	6—8	Mažiausias klodo storumas — 3 m. Drėgnumas padidina žvyro su priemaišu smulkaus smėlio atsparumą. Jei žvyras stambus — neturi įtakos.
4. Gerai susigulėjęs smėlis	4—6	Kaip 3 p.
5. Gerai susigulėjęs smulkus smėlis .	4—5	Mažiausias klodo storumas — 3 m. Tvirtas pamatas gali būti vandens sėmimu pagadintas.
6. Priemolis	3—4	Jei esąs sausame būvy ir ne plonesnis kaip 3—4 m.
7. Molis	3	Kaip 6 p.
8. Sąnašinė ir piltinė žemė	0,5—0,1	
9. Dumblas	0	



126 brėž.

Kai statomi statiškai neišsprendžiamų sistemų ir ilgi be rievių tiltai, jei yra pavojaus, kad gali tiltas nusėsti, reikia minėtus dydžius imti mažesnius. Jei po tvirto grunto seka silpnesnis, tai tąsyk reikia apskaičiuoti koks spaudimas teks tokiam gruntui, turint galvoje, kad spaudimo linija su horizontu sudaro kampą $L = 60^0$. Ant durpės grunto galima statyti pamatus tada, kai aukščiau yra pakankamo storumo (mažiausiai 4 m) tvirto ir gerai susigulėjusio grunto sluoksnis (126 brėž.).

58. Pamatų gilumas.

Esanti žemėje pastato dalis, kuri yra skiriama pastato svorį atspariam gruntui perduoti, vadinama *pamatu*. Viršutinė pamato plokštuma, ant kurios stovi pastato antžemio dalis, vadinama pamato viršumi, o apatinė dalis, susiliečianti su gruntu, vadinama jo padu. Kadangi atsparus gruntas žemės paviršiuje retai kur pasitaiko, šiaip gi dažniausiai yra padengtas silpnesnio grunto klodu, tai pamatas turi būti padėtas tiek giliai žemėje, kad siektų atsparų gruntą. Toks gruntas, kuris gali priimti pastato slėgimą, būna natūralus (gamtos) arba dirbtinai sustiprintas (pav. poliais, nuleidžiamais šuliniais, smėlio klodu ir p.). Be to, pamatas įleidžiamas į žemę, kad apsaugojus pastatą nuo deformacijų, kurios atsiranda gruntui įšalant ir vėliau, pavasarį, atsileidžiant. Žemėvietėje, kuri nėra nuolat vandens padengta (ne plonesniu kaip 0,5 m sluoksniu) pamato padas būtinai įleidžiamas žemėn tiek, kad esantis netarpinai po padu gruntas žiemą neįšaltų. Toks gruntas, jei jis pakaitomis įšala ir atsileidžia, greit nustoja savo mechaniško atsparumo ir sėdasi. Ypač tatai svarbu molio gruntui, kuris įšalęs išsipučia; mažiausiai yra pavojingas grunto įšalimas po pamato padu, jei pastarasis yra įleistas į sauso smėlio gruntą. Grunto įšalimo gilumas pareina iš vienos pusės nuo geografiškos vietos padėties, iš kitos — nuo paties grunto. Glaudus, vandens primirkęs gruntas giliau įšala, kaip sausas ir purus gruntas. Mūsų sąlygomis įšalimo riba reikia imti nuo 1 ligi 1,5 m, tada pamatų gilumas, (įšalimo atžvilgiu) su kai kuria atsarga, imamas nuo 1 ligi 2 m. Vamzdžiams ir mažiems tiltams gilumo 1 m visai pakanka (sausam smėlio gruntui galima imti net 0,8 m), dideliems tiltams pamato apačia turi gulėti ne arčiau kaip per 2 m nuo žemės paviršiaus.

Tokiu būdu, net dedant pamato padą ant natūralaus (gamtos) grunto, visada tenka pastarąjį paruošti, kad jis atlaikytų pastato svorį. Šitas paruošimas yra nukasimas viršutinio grunto sluoksnio — taisyklingos duobės, vadinamo kotlovano, pavidalo Kotlovanų įtaisymas yra skirtingas, žiūrint kokiame grunte jis yra įtaisomas: sausame, vandens primirkusiame ar padengtame vandens sluoksniu.

Gulįs po padu atsparus gruntas privalo būti pakankamo storumo. Pagal austrų normas šitas storumas nustatomas formule $h = 20\sqrt{b}$, kur h — klodo storis cm, b — pado plotis cm. Esant,

pav., pado pločiui = 2,25 m, h bus lygus 3 m. Trumpai suglaudus, pamatams galima nurodyti tris pamatinius privalumus:

1. Pamato pado gilumas turi būti nustatytas pareinamai ne tik nuo atsparaus grunto klodo gilumo, bet ir nuo grunto įšalimo gilumo.

2. Pamato viršus turi būti plane didesnių išmierų, negu pastato antžemio dalis, nes pamatą plane tiksliai nužymėti (ypač, kai jis kraunamas iš netaisyklingų laukakmenių) gana sunku, tad kad galima būtų koriguoti antžemio dalies ant pamato viršaus padėtį, pamatas 0,2 — 0,3 m paplatinamas.

3. Trapecinio piūvio pamatams šoninė sienelė (trapecijos kraštinė) turi sudaryti arti 30° kampą su vertikale.

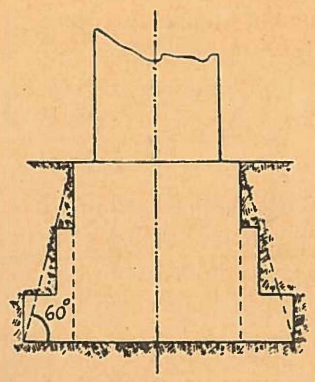
Kadangi nuožulnios laukakmenių ar betono sienelės išvesti gana keblus dalykas, tai pamatas išvedamas su pakopomis (127 brėž.). Tačiau pamato viršaus ir pado platumas paliekamas toks pat, kaip ir su nuožulniomis šoninėmis sienelėmis.

Pamato pakopų plotis ir aukštis gali būti nustatytas laukakmenių pamatams *prof. Melano formule*, betono — *prof. Loleito formule.*

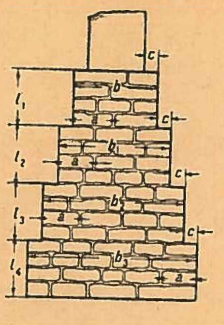
Pirmoji formulė tokia:

$$l = \sqrt{3\frac{p_a a^2 - p_f f^2}{\sigma_z}}.$$

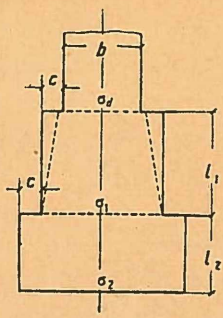
Šitoje formulėje: l — pakopų aukštis; a — didžiausias laukakmens ilgis (arti 30 cm); c — pakopų plotis; f = a — c; b —



127 brėž.



128 brėž.



129 brėz.

pamato viršaus platumas; pado platumas = b + nc, kur n — pakopų skaičius; p_a — laukakmenių mūro ploto vienetui žemiau

pakopos tenkąs spaudimas, p_f — aukščiau pakopos spaudimas; σ_z — leidžiamas mūro atsparumas traukimui (1 — 2 kg/cm²).

Žemiau dedamas pavyzdys parodo kaip reikia minėtą formulę taikyti (128 brėž.). Sakysim b=0,90 m, c=12,5 cm, a=30 cm, tada f=30 — 12,5=17,5 cm. Pakopų skaičius n = 4. Leidžiamas gruntui spaudimas $\sigma_z = 2{,}5$ km/cm², bet neskaitydami kol kas pamato svorį, paimsime $\sigma_z = 2$ kg/cm². Dėl pakopų tenkąs laukmenių mūro ploto vienetui spaudimas nuosakiai mažėja nuo 5 kg/cm² ligi 3,9; 3,21; 2,72; 2,40 kg/cm².

Tada:

$$l_1 = \sqrt{3/2\,(3{,}9 \cdot 30^2 - 5 \cdot 17{,}5^2)} = 54{,}5 \text{ cm},$$

$$l_2 = \sqrt{3/2\,(3{,}21 \cdot 30^2 - 3{,}90 \cdot 17{,}5^2)} = 50{,}5 \text{ cm},$$

$$l_3 = \sqrt{3/2\,(2{,}72 \cdot 30^2 - 3{,}21 \cdot 17{,}5^2)} = 47 \text{ cm},$$

$$l_4 = \sqrt{3/2\,(2{,}4 \cdot 30^2 - 2{,}72 \cdot 17{,}5^2)} = 44{,}5 \text{ cm}.$$

$$h = 54{,}5 + 50{,}5 + 47 + 44{,}5 = 196{,}5 \text{ cm} = 1{,}965 \text{ m}.$$

Kadangi įvairūs nežymiai tarp savęs skiriantiesi pakopų aukščiai praktiškai nepatogūs, tai yra tikslu nustatyti apatinės ir viršutinės pakopų aukščius ir jų vidutinį aritmetinį paimti kaip pastovų visų pakopų aukštį.

Šiuo atveju:

$$l_{vid} = \frac{54{,}5 + 44{,}5}{2} = 50; \quad h = 4 \cdot 0{,}5 = 2 \text{ m}.$$

Pamato svoris — 3,05 m³ po 1,8 ton = 5,50 t. Tenkąs gruntui nuo pamato svorio spaudimas:

$$\sigma_1 = \frac{5{,}50}{1{,}40} = 3{,}9 \text{ t/m}^2 = 0{,}39 \text{ kg/cm}^2.$$

Tąsyk pilnas spaudimas:

$$\sigma_0 = 2 + 0{,}39 = 2{,}39 \text{ kg/cm}^2.$$

Betono pamatų pakopų aukščiams nustatyti prof. Loleitas nurodo tokį būdą (129 brėž.).

$$M_{max} = \frac{\sigma c^2}{2}, \quad Q_{max} = \sigma c.$$

Paėmę pamato dalį, kurios ilgis = 1, galime sustatyti tokias lygtis:

$$1)\ \sigma \frac{c^2}{2} = \sigma_z \frac{1^2}{6}, \qquad 2)\ \tau_{max} = \frac{3\sigma c}{2.1} = \frac{\sigma_z}{2},$$

kur τ — leidžiamas kirpimui atsparumas,

σ_z — leidžiamas tempimui atsparumas.

Spręsdami šias lygtis gauname:

$$1)\ l = c\sqrt{\frac{35}{\sigma_z}}, \qquad 2)\ l = c\frac{3\sigma}{\sigma_z}.$$

Kai $\sigma = \frac{\sigma_z}{3}$ abi lygtys duoda vienodą 1 dydį; kitais atsitikimais reikia paimti didesnįjį iš dviejų surastų 1 dydžių. Jei $\sigma < \frac{\sigma_z}{3}$, didesnį 1 dydį gausim iš I formulės, jei $\sigma > \frac{\sigma_z}{3}$ — iš II formulės.

Pavyzdys. Tegu $b = 90$ cm, $c_1 = c_2 = 25$ cm, $\sigma_d = 5$ kg/cm², $\sigma_1 = 3{,}25$ kg/cm², $\sigma_2 = 2{,}5$ kg/cm², $\sigma_z = 2$ kg/cm². Tą syk $l_1 = 0{,}25 \cdot \frac{3.3{,}25}{2} = 1{,}22$ m, $l_2 = 0{,}25 \frac{3.2{,}5}{2} = 0{,}94$ m, $t = l_1 + l_2 = 2{,}16$ m.

Kadangi beveik visi gruntai po pamato svoriu daugiau ar mažiau sėdasi, tai statyboje tokie nusėdimai leidžiami, tačiau su sąlyga, kad jie būtų visai maži ir grunto suslūgimas vyktų tolygiai po visu pamato padu.

Pirma sąlyga patenkinama tinkamai parenkant pado plotą; antra sąlyga patenkinama duodant pamatui tokį skersinį piūvį, kad visų jėgų (savojo svorio, paslankaus svorio, žemės spaudimo į tilto ramtą ir k.) atstojamoji perkirstų padą jo viduriniame trečdaly.

Esant smėlio gruntui, pamato gilumui nustatyti taikoma dar viena specialė sąlyga: smėlio gruntas neturi būti išspaudžiamas iš po pamato aukštyn dėl pamato slėgimo į gruntą. Tam tikslui pamato gilumas nustatomas Renkino - Paukero formule:

$$h = H \operatorname{tg}^4\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{4}\right); \quad \text{čia:}$$

h — pamato pado gilumas,

H — aukštis įsivaizduojamas smėlio prizmos, kurios pamato plotas yra lygus pastato pamato plotui, o jos svoris lygus pastato svoriui.

φ — trinties kampas smėliui.

59. Tiltų kotlovanų įtaisymas.

Tais atsitikimais, kai pastato vieta nėra vandens apsemta, taip pat ir grunto vanduo pamato pado nesiekia, įtaisomas atviras kotlovanas su natūraliais šlaitais. Kotlovano gilumas nustatomas aukščiau minėtu būdu. Kas dėl kotlovano formos plane, tai ji nustatoma: apačioje — pagal pamato pado formą, viršuje — be to, atsižiūrint į grunto, kuriame kasamas kotlovanas, ypatybes. Kad

griūvantis, pamatą dedant, kotlovano sienelių gruntas neužterštų mūrinį, yra naudinga kotlovano išmieras plane paplatinti, palyginant su pamato išmieromis, 0,10—0,15 m.

Kad būtų mažesnis kotlovano tūris, jo šlaitams stengiamasi duoti padėtį, artimą vertikalei. Kur to neleidžia gruntas, šlaitams duodamas kuo didžiausias statumas. Žemiau dedama 19 lentelė parodo, kokie gruntai ir esant kokiems gilumams gali turėti vertikalinius šlaitus.

19 lentelė.

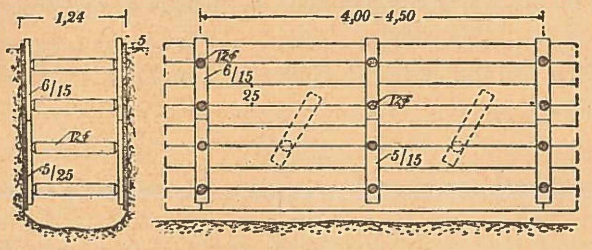
Grunto rūšys.	Didžiausias gilumas, esant kuriam šlaitas gali vertikaliai stovėti
Durpės	0,00
Smulkus, sausas smėlis, taip pat žvyras	0,30
Stambus, sausas smėlis	0,60
Tas pats, tik apydrėgnis	0,90
Juodžemis	2,00
Susigulėjęs žvyras	4,50
Laukakmenys	10,00
Sausas priemolis	3,00
Sausas molis	5,00
Drėgnas molis	2,00

Nurodytos šioje lentelėje normos yra maksimalės; bet kuris drėgnumo padidėjimas jas žymiai sumažina.

Kai gaunamas labai nuožulnus šlaitas arba kur labai ankšta, ten kotlovano sienos, vis dėlto, daromos vertikalės, o joms nuo apgriuvimo apsaugoti įtaisomos paremiamosios sienelės.

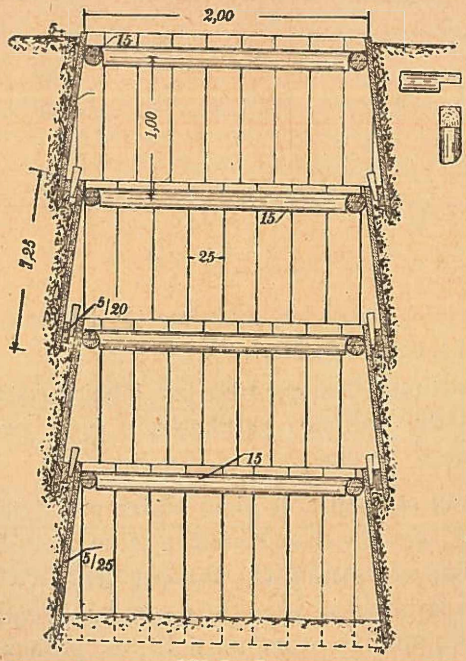
Paprasčiausias kotlovanų sienelių aptvėrimo būdas parodytas 130 brėž. Aptvėrimo sienelė sudėta iš statramsčių (šiuo atsitikimu 6×15 cm) ir horizontaliai už statramsčių klojamų lentų (5×25 cm), kurios klojamos sandariai viena prie kitos arba su tarpais, žiūrint grunto tvirtumo. Statramsčiai, o per tat ir lentos, paramstomi apvaliais spyriais (12 cm skersmens). Pastarųjų ilgis kiek didesnis, negu horizontalis tarp statramsčių atstumas. Dėl to įspraustieji tarp statramsčių spyriai nėra visai horizontalūs. Vėliau, kada statramsčiai dėl grunto spaudimo pradeda pasiduoti

kotlovano vidun, jiems paremti reikia tik suduoti su kūju per viršutinius spyrių galus. Tuo būdu čia sienelės sutvirtinamos pagal kotlovano kasimo eigą. Dideliems kotlovanams vietoje lentų ir karčių vartojami tašai ir rąstai.



130 brėž.

Jei gruntas yra vandeningas ir silpnas, tąsyk taikomas 131 brėž. atvaizduotas būdas. Jisai tinka nedideliems, palyginti, kotlovanams kasti, ypač pairusio smėlio grunte. Šitas būdas yra taikomas ir svarbesnių pastatų pamato gruntui tirti. Pionieriai šitą būdą vartoja minų karą vedant. Čia iš pradžių pastatomos paremiamosios sienelės ir tik tada, po jų priedanga, iškasamas gruntas. Visų pirma ant žemės paviršiaus kotlovano vietoje lygiai su žemės paviršiumi guldomi horizontaliniai rėmai, sukalti iš apvalių rąstų (šiuo atsitikimu 15 cm skersmens). Po to pagal išorinį rėmų kraštą sukalama mažu pasvyrimu išorės pusėn lentų (5 × 25 cm) eilė; tuo būdu aptvėrimas turi dėžės be dugno išvaizdą. Tąsyk

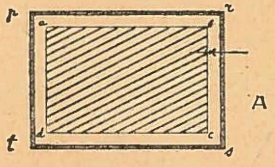


131 brėž.

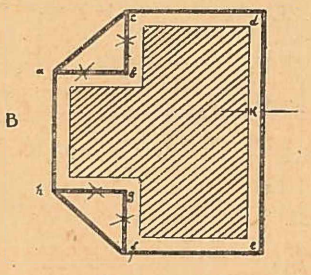
pradeda kasti žemę po priedanga lentų, kurios viršutiniu galu remiasi į rėmus, o apatiniu — į dar neiškastą gruntą. Pasiekus 1 m gilumą (beveik priėję lentos galo) ant dar neiškasto grunto guldomi antri rėmai, o tarp viršutinių ir apatinių rėmų įspraudžiami statramsčiai (vertikalės pėdžios, brėžiny neparodyti), kurie ir palaiko anksčiau padėtus viršutinius rėmus. Gi kol gruntas nėra iškastas ligi antrų rėmų, vadinasi dar nepasiektas 1 m gilumas, viršutiniai rėmai yra palaikomi laikinomis pėdžiomis (karčių nuopiovomis). Jų ilgis nuosakiai keičiamas pagal kasimo eigą. Padėjus antrus rėmus, už jų įkalama antra lentų eilė. Parodytieji brėžiny kyliai apsaugo viršutines lentas, neleidžiant gruntui jas išspirti.

Jei kotlovanas reikia iškasti po vandeniu ar kur daug grunto vandens, ten įtaisomos sandarios špuntuotos medinės arba geležinės sienos. Jei špuntuota siena numatoma palikti kaip sudėtinė, ramtą sutvirtinanti tilto dalis, tai tąsyk vartojama ir gelžbetoninė špunto siena.

Špunto (špuntlenčių) sienos. Taip vadinasi sandarus viduje kotlovano įtaisomas aptvėrimas, kuris veik visai nepraleidžia vandens ir tuo būdu leidžia dirbti sausame kotlovane, žemiau darbo vandens horizonto. Špuntlenčių sienos gali būti daromos medinės, geležinės ir gelžbetoninės. Špuntlenčių aptvėrimą projektuojant, išbraižoma jo planas ir vertikalis piūvis.



132 brėž.



133 brėž.

Špuntlenčių aptvėrimo forma plane pareina nuo patiės pastato formos plane. Jei, pav., pastato planas turi keturkampio a b c d išvaizdą (132 brėž.), tai špuntlenčių aptvėrimo apibrėžimas plane bus keturkampis p r s t, panašus keturkampiui a b c d; tarp jų lygiagretiškų kraštinių atstumas imamas 0,20—0,25 m. Toks atstumas kaip tik pakankamas darbininkui įkišti ranką tarp mūrijamo pa-

mato ir špuntlenčių sienos, kad galėtų tinkamai padėti kraštutinius laukakmenius. Jei pamato apibrėžimas plane turi sudėtingesnę formą (pav. 133 brėž.), tai ir špuntlenčių siena gauna sudėtingą a b c d e f g h formą.

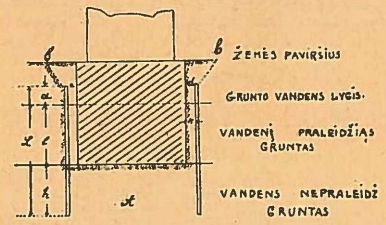
Čia yra du įeinantieji kampai: abc ir hgf. Jei juos pakeisti tiesiosiomis ac ir hf, tai viena trikampio kraštinė (ac) bus, žinoma, trumpesnė už dviejų kitų kraštinių sumą (ab+bc).

Tuo būdu špuntlenčių sienos perimetras bus trumpesnis, bus mažesnė vandens filtracija pro sieną ir visas apibrėžimas a c d e f h yra pigesnis, negu a b c d e f g h.

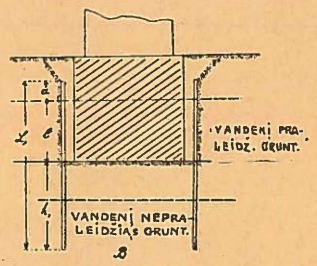
Špuntlenčių aptvėrimo vertikalį piūvį nustatant reikia skirti du atsitikimus:

a) *Vieta neapsemta, bet aukštas grunto vanduo.*

Sakysim pamatas padėtas ant vandens nepraleidžiamojo grunto, esamo žemiau grunto vandens lygio (133a brėž.). Visų pirma nužymima aptvėrimo viršus ir apačia. Viršus turi būti 0,2—0,4 m aukštesnis, negu grunto vandens horizontas, nes pastarasis šiek tiek svyruoja. Kadangi aptvėrimo viršus vis dėlto lieka žemiau žemės paviršiaus, tai tenka žemę nukasti ligi aptvėrimo viršaus (duobė a b c d e) arba špuntlenčių sieną pakelti ligi žemės paviršiaus. Pirmasis būdas yra lengvesnis ir pigesnis.



133 a brėž.



133 b brėž.

Špuntlenčių sienos apačia turi būti įleista į vandens nepraleidžiantį gruntą tokiu dydžiu (h), kad iškasus iš kotlovano žemę ir išsėmus vandenį, špuntlenčių siena galėtų išlaikyti išorinį grunto ir vandens spaudimą.

Iš tokiu būdu aptverto kotlovano galima dabar išsemti vandenį ir dirbti sausame grunte, nes vanduo negali į kotlovaną pakliūti: iš viršaus dėl to, kad špuntlenčių siena aukštesnė už

vandens horizontą, iš šonų — gerai sukaltas aptvėrimas nepraleidžia vandens ir dugne — kadangi aptvėrimas sukaltas į vandenį nepraleidžiamąjį gruntą. Tuo būdu pilnas aptvėrimo aukštis

$$L = a + l + h.$$

kur: a — aptvėrimo aukštis virš grunto vandens horizonto.

l — aptvėrime grunto vandens (virš jo dugno) aukštis ir

h — aptvėrimo įkasimo gilumas (ne mažiau 0,5 m).

Atvaizduotas 133 b brėž. atsitikimas yra paprasčiausias, nes čia pamato padas stovi ant vandens praleidžiančio grunto. Todėl čia aptvėrimas reikia įleisti į vandens nepraleidžiantį gruntą. Tąsyk l pasilieka tas pats, bet h atitinkamai padidėja. Dėl to padidėja ir visas aptvėrimo aukštis L_1.

b) *Vandens padengta vieta.*

Šiuo atsitikimu, kadangi atvirose vandens tekmėse horizontas žymiai svyruoja ir atsiranda bangų, aptvėrimo aukštis virš vandens horizonto a imamas = 1 m. Jei bangos nežymios — imama 0,40 — 0,50 m. Kitos sąlygos nesikeičia. Pilnas aptvėrimo aukštis irgi išreiškiamas formule $L = a + l + h$.

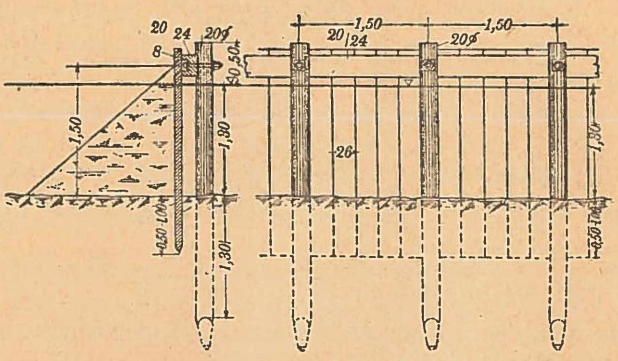
Aptvėrimų rūšys. Aptvėrimas yra tik laikinas įtaisas, reikalingas tol, kol pamato mūrinys pasikels virš apsupančio jį vandens horizonto. Dėl to jis turi būti galimai pigiau įtaisomas. Štai kodėl jam dažniausiai vartojama pigi medžiaga: žemė ir medis.

1. *Dvišlaitis žemės aptvėrimas* retai vartojamas. Toks aptvėrimas turi trapecinį piūvį. Trapecijos horizontalė viršutinė kraštinė ne siauresnė kaip 1 m. Maksimalis tokios trapecijos aukštis stovinčiame vandeny — 2,5 m, tekančiame — 1 m. Šlaitų statumas: išorės pusėje 1:2, vidaus — 1:1 arba (dažniau) $1:1\frac{1}{2}$. Tinkamiausias aptvėrimui gruntas — žvyras su 15% smulkaus smėlio ir 20% molio. Riebus molis ir šiaip grynas molis netinka, nes lengvai išsileidžia. Išoriniam šlaitui nuo bangų veikimo apsaugoti jį dengia velėnomis, šiaudais ar mėšlu, pritvirtinant velėnas ir šiaudus kuolais, virbalais ir akmenimis.

Kad pripilta žemė geriau su gruntu susirištų, dugne įtaisomas griovys, kuris taip pat pripilamas aptvėrimo žemės. Tąsyk jis atlieka dyglio funkcijas.

2. *Vienšlaitis žemės aptvėrimas* (vieneilė špunto sienutė su žemės užpilu) užima mažiau vietos, nes vidaus šlaitas čia yra pa-

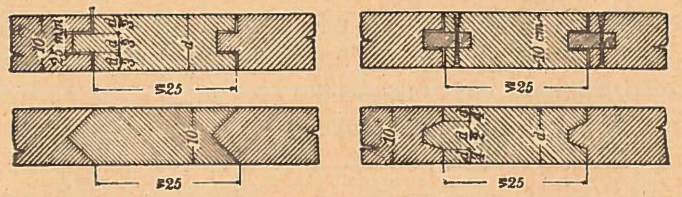
keistas vertikale sienute. Pastaroji gali būti sudėta iš eilės polių, sukaltų per 1—2 m vienas nuo kito, kurie paremia 6—7 cm storumo lentų skydus. Kai vanduo gilesnis per 1—2 m, vietoje lentų sukalama špuntlenčių sienutė (134 brėž.).



134 brėž.

3. *Medinė špunto siena.* Šitas aptvėrimo būdas yra universalinis, kuris tinka kotlovanui tiek nuo paviršutinio, tiek nuo grunto vandens izoliuoti. Daugiausiai taikoma vieneilė špunto siena. Ji susideda iš atskirų špuntlenčių, kurios sujungiamos vadinamu špuntu (lizdas su dygliu). Medinės špuntlentės, jei neatsiranda ypatingų sunkumų kietame grunte, imamos ligi 10 m ilgio, storis $d = 2$ l, kur l — špunto ilgis metrais. Ploniausios špuntlentės — 8 cm. Bendrai špuntlenčių storumas priklauso nuo grunto atsparumo. Lentų iki 12 cm storio mažiausias platumas turi būti apie 20 cm, o iki 20 cm — ne mažiau kaip 25 cm. Špuntlenčių ilgis turi būti toks, kad jų galvos kyšotų aukščiau darbo vandens horizonto ir jos pakankamai tvirtai stovėtų grunte apie 1 m giliau kotlovano dugno. Špunto forma yra įvairi: trikampinė, keturkampinė ir trapecinė (135—138 brėž.). Plačiausia yra taikoma trikampiniai ir keturkampiniai špuntai. Išpiovimo žvilgsniu trikampinis špuntas yra patogesnis, bet jis mažiau patikimas vandens nepraleidimo atžvilgiu. Tikrai, jei bent kiek prasiskirs dvi gretimos špuntlentės, tai, esant trikampiniam špuntui, tuoj atsivers kiauras plyšys, pro kurį bėgs vanduo; esant keturkampiam špuntui kiauras plyšys gali rastis tik žymiai špuntlentėms prasiskyrus. Praktikoje taip elgiamasi: kadangi plonų špuntlenčių dyglys ir šoninės lizdo sienelės išeina labai plonos ir lengvai įlūžta, tai čia taikomas

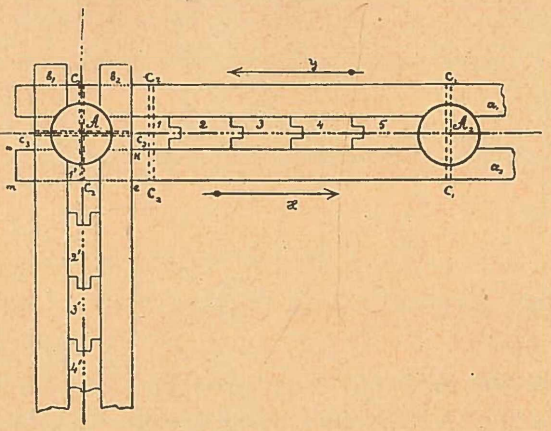
trikampinis špuntas; storoms špuntlentėms taikomas keturkampinis špuntas. Dyglys daromas vienodo ilgumo ir platumo, tačiau ne didesnis kaip 5 cm. Dyglį į lizdą įstatant reikia žiūrėti, kad jie gerai susinertų. Špunto sienos sukalamos kaltuvais (žiūr. toliau). Kalant špuntą, ypatingo dėmesio kreipiama į tai, kad neįlūžtų



135, 136, 137 ir 138 brėž.

dygliai ir lizdai ir kad gretimos špunlentės sandariai susiliestų. Pirma sąlyga patenkinama vartojant vedamuosius rėmus, antra sąlyga — ekscentriškai (įstrižai) nupiaunant špuntlenčių galus.

Vedamieji rėmai įtaisomi, dažniausia, iš tilių (pusrąsčių) sančiaupų (139 brėž.) kurios varžtais c_1 c_1 ir c_2 c_2 pritvirtinamos prie



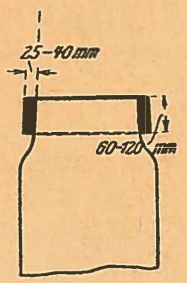
139 brėž.

140 brėž.

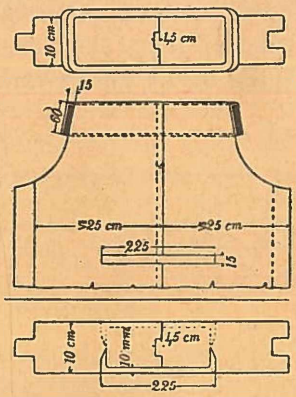
vadinamų vedamųjų polių iš apvalių rąstų A_1, A_2, sukaltų pagal aptvėrimo apibrėžimą per 3—4 m vienas nuo kito. Prie šitų polių pritvirtinamos sančiaupos a_1 ir a_2 taip, kad jų tarpusavio atstumas atitiktų špuntlenčių storumą. Po to pradeda kalti špuntlentes, pirma špuntlentė priduriama prie vedamojo polio A_1 be jokio

špunto, nes apvalūs poliai kalimo metu sukasi ir špuntas gali iškrypti. Sėkmingas špunlenčių kalimas pareina nuo to, kuria kryptimi špuntas kalamas. Pavyzdžiui, x kryptimi kalant, siena išeina sandaresnė, negu y kryptimi. Iš tikrųjų, kalant paskutine kryptimi, vadinasi lizdu pirmyn, gali atsitikti, kad šiame lizde įsispraus atsitiktinai pakliuvęs akmenukas. Tąsyk gretimos špuntlentės dygliui slenkant šituo lizdu ir susirėmus su akmenuku, dyglys gali susilamdyti arba atskilti lizdo sienutė. Kai viena eilė kalti baigta, tąsyk kalama kita eilė. Antrų rėmų vedamosios sančiaupos b_1 ir b_2 prikalamos virš pirmos eilės sančiaupų a_1 ir a_2. Pirmųjų rėmų sančiaupų dalis k l m n nukertama, perkėlus prieš tai varžtą c_2 c_2 į padėtį c'_2 c'_2, kad netrukdytų kalti antros eilės špuntlentes.

Kalant špunto sieną bendrai sujungiama dvi špuntlentės į vieną, įstatant vieną lentą į kitą, sujungiant kabėmis per 1—1,5 m atstumo (140 brėž.). Abi lentos gauna bendrą žiedą iš plokščios geležies (141 brėž.), kuris apsaugo špuntlenčių galvas kalimo metu. Detalės matyti iš 142 brėž. Jei špuntlentės storos — jos kalamos kiekviena skyrium. Vedamųjų sančiaupų storis (jei vartojami tašai) nuo 12×18 cm ligi 20×24 cm. Pirma įkalama visos eilės špuntlentės per 1—2 m gilumo, o paskui dakalama iš eilės viena po kitos. Medinės špunto sienos kalimo tvarka, taip pat ir sančiaupų pritvirtinimas matyti iš 143 brėž. Kaip matyti, kad kalama špuntlentė nenukryptų šonan nuo anksčiau įkaltų špuntlenčių, į vedamųjų rėmų plyšį įspraudžiamas kylys, kuris remiasi į atsparos tašelį. Pastarasis gi sulaikomas į sančiaupas įleistomis kabėmis.

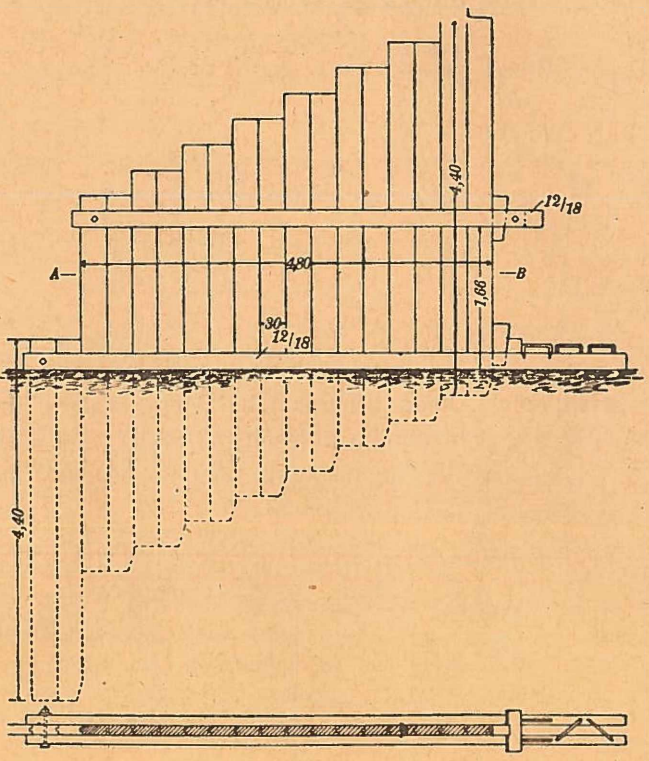


141 brėž.



142 brėž.

Tačiau vienos šitos priemonės nepakanka. Kad kalamos špuntlentės sandariai šlietųsi, jų apatiniai galai nesimetriškai įstrižai nupiaunami (vadin. ekscentricitetas), taip pat nukirstos tra-



143 brėž.

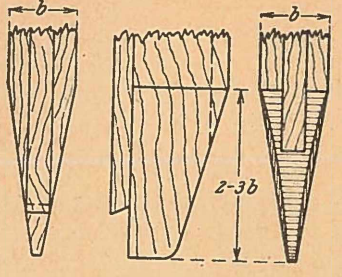
pecijos pavidalo nupiaunami ir šoniniai špuntlenčių paviršiai (vadin. peilis).

Kadangi nusmailinimas turi didelės reikšmės grunto atsparumui nugalėti, tai patartina peilį nusmailintį pagal 144 ir 145 brėž.*). Jei špuntlentės storesnės, negu 20 cm, tai jų peilis daromas pagal 146 brėž.

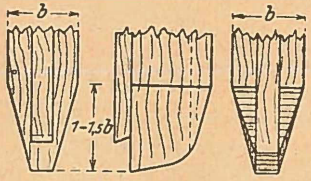
Kalant reikia daboti, kad špunto siena neišeitų iš vertikalės krypties. Jei špuntlentės pakrypsta iš vertikalės padėties išilgai

*) Kai minkštas gruntas, špunto smailumo peilio ilgis imamas 2—3 sykius lentos storumo (144 brėž.), kai kietas gruntas — 1—1½ syk (145 brėž).

sienos, ir apačioje atsiranda plyšys, tada reikia giliau įkalti šoninės špuntlentės; jei plyšys bus viršuje, tada reikia giliau sukalti špuntlentes ties sienos viduriu. Kalant špunto sieną patartina vartoti lengvesnę mešką, o dakalant — sunkesnę.

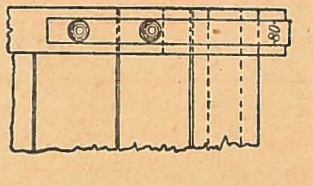


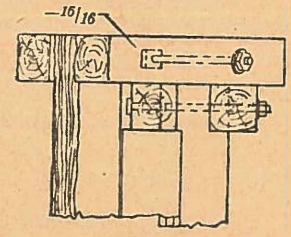
144 brėž.

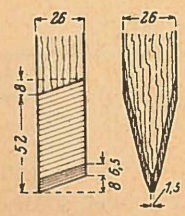


145 brėž.

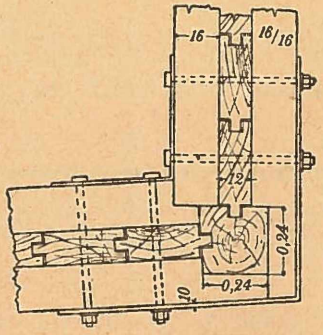
Tais atsitikimais, kada gruntas labai kietas (aštrių briaunų žvirgždas su žvyru ar pasitaiko didesnių akmenų), ant nusmailintų špuntlenčių galu uždedami noragai. Bet jie nevisada padeda.



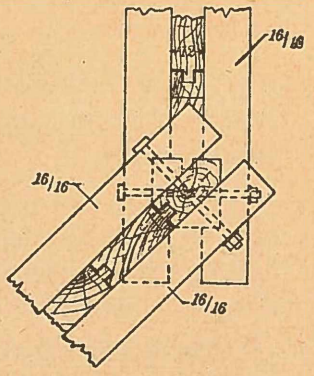




146 brėž.



146 a brėž.



147 brėž.

146 a ir 147 brėž. parodyta vedamieji poliai ir sančiaupos iš tašų; čia pat matyti kalimo tvarka ir konstrukcijos detalės.

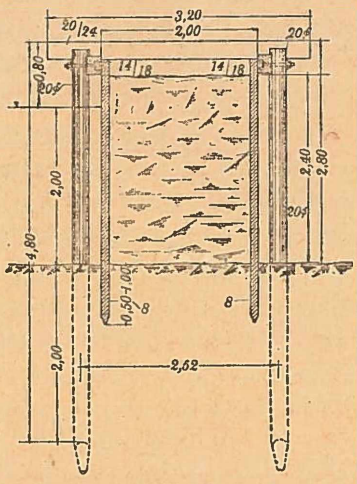
Kuomet špunto siena jau įkalta, ją reikia nupiautį ligi nustatyto aukščio virš vandens horizonto ir galutinai pritvirtinti sančiaupas. Kasant kotlovaną reikia duoti užtektinai išilginių ir skersinių spyrių, maždaug kas 1 m gilumo. Jei sieną kalant atsiranda kokia nors kliūtis (akmuo, medis), tai geriau toliau nekalti, nes pasigadins špunto siena, bet reikia atkasti iki kliūties ir ją pašalinti.

Vieneilė špunto siena gali būti šio aukštumo:

Kai lentų siena — iki 3 m

Kai tašų siena — iki 4,5 — 5 m.

4. *Dvieilė špuntlenčių siena* yra vartojama, kai vanduo gilesnis per 2 m (148 brėž.). Tokio aptvėrimo siena iki 2,5 m aukštumo gali būti daroma iš sandariai sukaltų per 2 — 3 m vienas nuo kito apvalių polių, už kurių padėtos horizontalės lentos ar tašai. Jei vanduo gilesnis per 2,5 m, naudingiau sukalti špunlenčių sienas, paremiant jas iš oro pusės vedamaisiais poliais (148 brėž.), kurie paremia molio išspiriamas špuntlenčių sienas (kolovano viduje vandens ataveiksmo nėra). Poliai ir špuntlenčių sienos surišami tarp savęs sančiaupomis ir varžtais kas 1 — 1,4 m. Sienų tarpusavio atstumas 1—1,5 m.



148 brėž.

Didesnio aukščio sienos paremiamos ramsčiais. Tarp špunlenčių sienų gali būti pilamas smėlis ar žvyras, turį molio. Juodžemis — tik nesant kito grunto, nes jis vandens lengvai praskiedžiamas ir išplaunamas. Sausas grynas molis turi būti gerai plūkiamas; vis dėlto jis sugula grumsteliais, išplaunamas ir, be to, išbrinkęs išspiria sienutes. Tad šiuo atsitikimu nepatariama išsemti vandenį iš kotlovano anksčiau, negu molis bus visai išbrinkęs (reikia porą dienų palaukti). Smėlis labai glaudžiai sugula, tad jį plūkti nėra reikalo. Stambus smėlis užpildo visus plyšius ir tekėjimo nėra išplaunamas. Tačiau priemolio ar priesmėlio žemė yra geriausias užpilas.

Dvieilės špunto sienos gali būti taikomos, jei vandens aukštis viršija 4,5 — 5 m, bet yra ne didesnis, kaip 6 — 6,5 m.

Vartojamas špunto sienoms miškas turi būti apidrėgnis, kad prisitraukęs vandens jis nepersimestų ir dėl to ne pasigadintų špuntas.

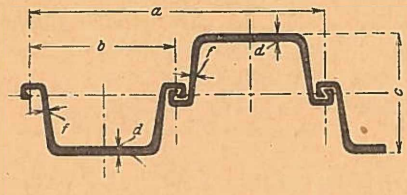
Tilto atramą pastačius, medinis špuntas nupiaunamas 0,30 — 0,50 m aukšto nuo dugno.

5. Geležinė špunto siena. Geležinės špuntlentės vartojamos nuo XIX šimtmečio pabaigos. Pirmosios špuntlentės buvo iš lietos geležies, bet jos pasirodė ne visai tinkamos; dabar vartojamos išimtinai valcuotos geležies špuntlentės. D-ro Ederhofo Wilhelmshafene tyrimai ir Kelle tikslūs tyrimai parodė, kad geležinės špuntlentės vandeningame grunte gali išlaikyti nuo 80 iki 120 metų; smėlio grunte ilgiau, nes atsirandančios rūdys su smėlio grūdais sudaro sandarią plūtą, kuri apsaugo geležį nuo tolimesnio rūdijimo. Daugiausia rūdija tos špuntlenčių dalys, kurios yra pakaitomis oro ir vandens veikiamos. Esanti tik ore ar vandeny geležis žymiai daugiau išlaiko.

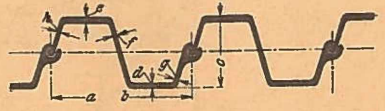
Geležinės špunto sienos turi šias pirmenybes prieš medines: 1) didesnis atsparumas esant nežymiam skersinio piuvio plotui, 2) lengvesnis įkalimas (be didelių sukretimų) dėl didesnio atsparumo, visai mažų piūvio ploto ir špuntlenčių tūrio, 3) didesnis sandarumas. Dabar geležinės špuntlentės yra vienintėlės, kurių sandarumu galima pasitikėti (taisyklingai sukalus). Kaip parodo praktika, geležinės špuntlentės gali būti sėkmingai įkalamos į žvirgždo, kieto molio ir mergelio gruntą; kur minkšta uola, ten jas irgi dažnai pasiseka sukalti keleta metrų gilumon. Labai akmenuotoje žemėje jos vis dėlto netinka. Tokios špuntlentės lengvai perpiauna esančius žemėje medžių kelmus ir senus rostverkus.

Šiuo laiku viena iš geriausių špuntlenčių laikoma Larsseno geležinės špuntlentės (keleto kalibrų). Blogesnė už jas laikoma Rothe Erde, nes jos užraktas (dviejų špunlenčių sujungimo konstrukcija) mažesnio sandarumo. Dabar plačiai pradėta vartoti Hoesch špuntlentės. Geresnių sistemų geležinės špuntlentės laikomos tos, kurių geležies masė yra toliau nutolusi nuo neitralės ašies (turi didesnį atsparumo momentą) ir kurių užraktai — didesnio sandarumo. Larsseno bandymai parodė, kad bendras špunto sienos inercijos momentas tik 10 — 15% mažesnis už visų, sienos sudėtin įeinančių, špuntlenčių sumarinį momentą. Jei kietas grun-

tas, tąsyk galima imti visus 100%. 149 brėž. parodytas Larssen'o sistemos špuntlentės, 150 brėž. — Hoesch sistemos, 151 brėž. — Rothe Erde, 151 a brėž. — Krupp sistemos. Geležinių špuntlen-

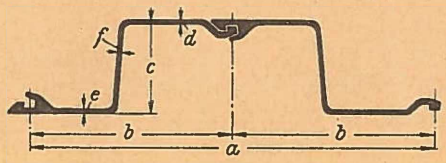


149 brėž.

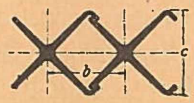


151 brėž.

čių dvigubas ties neitrale ašimi išlenkimas leidžia tiksliai statiškai skaičiuoti, nes atsparumo momentas imamas link neitralės ašies. Špuntlenčių užraktas leidžia špuntlentėms pamažėl suktis.

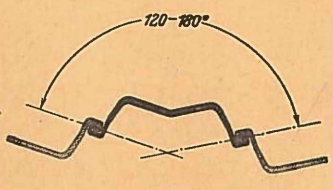


150 brėž.

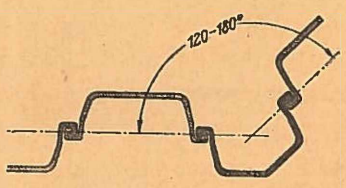


151 a brėž.

Kad gavus kotlovanų kampus ar sienų persilaužimus, reikia vartoti specialės formos ir kniedytas špuntlentes. 152—156 brėž. parodo kaip daromi Larssen'o špunto sienos kampai ir atsišakojimai.



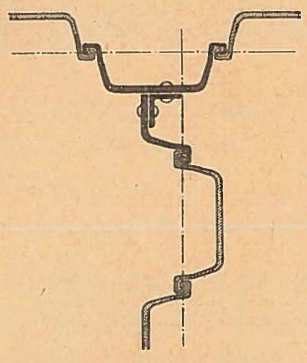
152 brėž.



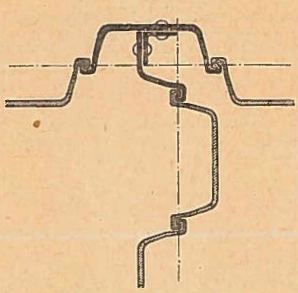
153 brėž.

Kalimui kiekvienos dvi špuntlentės sujungiamos į atskirą elementą ir sykiu įkalamos. Tam tikslui viena špuntlentė laikoma nejudomoje padėtyje, o kita pakeliama vindu ir suneriama su pirmaja. Abi sujungtos špuntlentės suveržiamos trumpomis sančiau-

pomis (156 brėž.) ir kartu įkalamos. Kalant, ant jų galvos uždedama ketinė kepurė, su medžio įdėliu. Kepurė ant galvos laikoma dviem įspraustais plieniniais kyliais (157a brėž.).

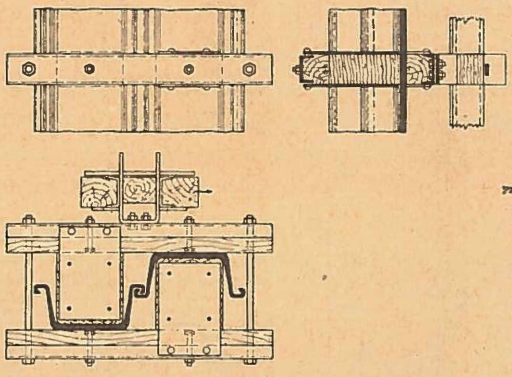


154 brėž.

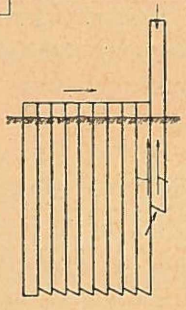


155 brėž.

Dvilinka špuntlentė sančiaupose suveržiama varžtais (156 brėž.). Kad ji neslankiotų rėmuose, įspraudžiama į abiejų špuntlenčių bangas (įgaubtas dalis) po vieną medinę trinkelę, kuri geležinėmis plokštelėmis prijungiama prie sančiaupų (156 brėž.). Tuo



156 brėž.



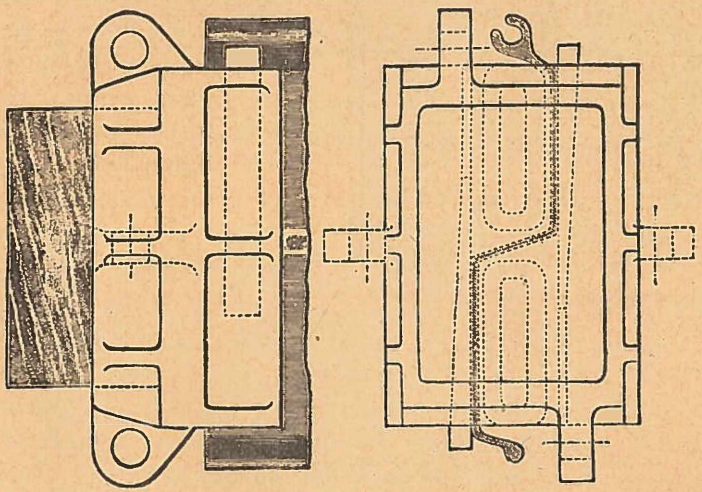
157 brėž.

būdu dvilinka špuntlentė yra rėmuose tampriai įtvirtinta. Sančiaupos pastiprintos pritvirtintomis prie jų U-geležimis. Prie vienos sančiaupos yra prikniedyta U pavidalo geležinė kabė, kuri kaištuku pritvirtinama prie kaltuvo strėlių (tašų). Jos pagalba dvilinka špuntlentė kalama tinkama kryptimi.

19a lentelėje nurodyti daviniai, liečią daugiausia vartojamas geležines špuntlentes.

19a lentelė.

SISTEMA	Svoris		Pasipriešinimo momentas	Bangos ilgis a	Lentos plotis b	Bangos aukštis c
	1 m lentos	1 m² sienos				
	kg	kg	W cm³ 1 ties. m.	mm	mm	mm
Larssen 1-a	33	82	380	800	400	130
„ I	38	96	493	800	400	150
„ II	49	122	849	800	400	200
„ III	62	155	1363	800	400	247
„ IV	75	187	2037	800	400	310
„ V	100	238	2962	840	420	344
Hösch I	35,6	89	600	400	400	150
„ II	47,2	118	1000	400	400	185
„ III	56,8	142	1400	400	400	228
„ IV	70	175	2100	400	400	265



157 a brėž.

Patariama geležinio špunto galą nupiauti nuolydžiai, bet į atvirkščią pusę, kaip medinio špunto (157 brėž.).

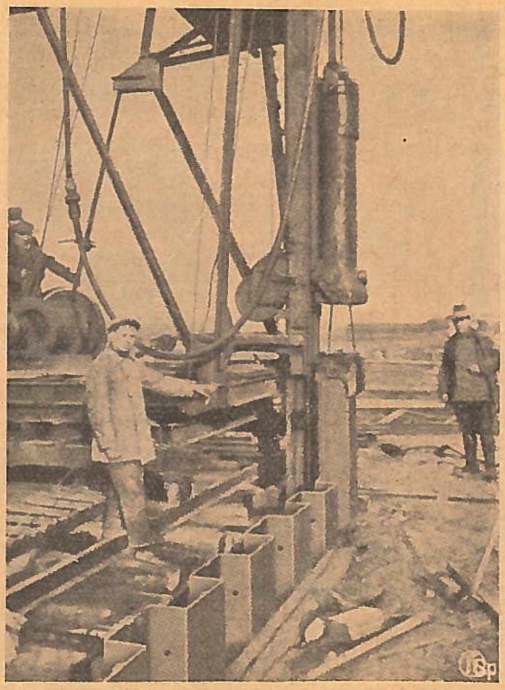
Jei nežiūrint visų atsargumo priemonių, kalamos špuntlentės eina nuolydžiai, tai tąsyk reikia vartoti speciales kylio formos špuntlentes.

158 brėž. parodyti kietame grunte sulankstyti geležinio špunto galai, 159 brėž. — geležinių špuntlenčių su garine meška kalimas, 160 brėž. geležinėmis špuntlentėmis aptvertas kotlovanas.

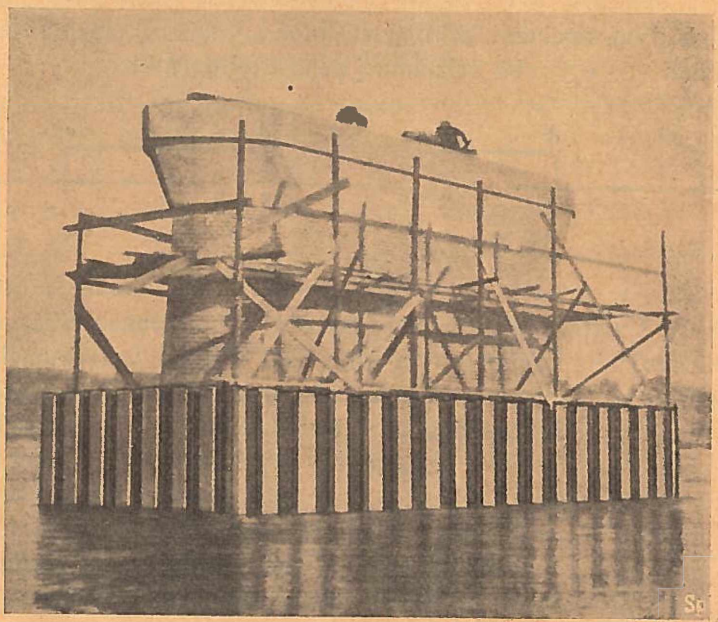
158 brėž.

Normalis geležinių špuntlenčių sienų aukštis (nuo kotlovano dugno) reikia skaityti 7 — 8 m. Imant aukštesnius kalibrus galima pasiekti 9 —10 m. Didžiausias valcuotų špuntlenčių ilgis— 18 m. Darbus baigus špuntlentės gali būti ištrauktos ir vėl naudojamos. Tačiau tas retai praktikuojama.

6. *Gelžbetoninė špuntlenčių siena.* Jei tiltą pastačius špunto siena turi tol'au pasilikti aplink pamatus, kaip apsauga prieš paplovimą, tąsyk yra tikslu vartoti patvaresnę gelžbetoninių špuntlenčių sieną. Špuntlentės gaminamos horizontalėse formose. Betonas vartojamas 1 : 1½ : 3 arba 1:2:4. Kalant špuntlentes ant jų galvų uždedamos elastiškos kepurės. 161 brėž. parodytos gelžbetoninės špuntlentės su dviem lizdais ir paprasto piūvio (su vienu lizdu ir vienu dygliu). Pirmuoju atsitikimu špuntlentes sukalus (dažnai nuleidžia vandens plaunamuoju veikimu, vartojant kelių atmosferų spaudimą) pasidaręs vertikalis plyšys užpildomas suplūktu cemento 1:1 skiedinu. Antruoju atsitikimu — sujungimas daromas kaip medinių špuntlenčių. 162 brėž. parodyta gelžbetoninių špuntlenčių smailumo konstrukcija ir armatūra.

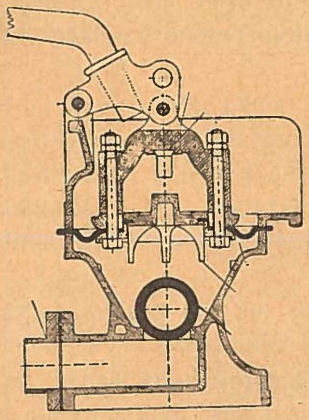


159 brėž.

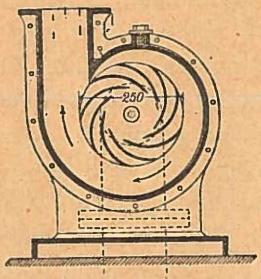


160 brėž.

diafragminiai (165 brėž.) ir centrafugaliniai siurbliai (166 brėž.). Prisisunkiamo vandens kiekį iš anksto negalima tiksliai nustatyti, tad reikia parinkti tokių siurblių, kad jie galėtų išsemti vandens



165 brėž.



166 brėž.

100% daugiau, negu jo spėjama. Rankinis siurblys gali kelti vandenį iš 2,5 — 6,5 m gilumo, garinis ar elektriškas — ligi 8 m.

60. Svarbiausios pamatų rūšys

Žiūrint apkrovimo į gruntą perdavimo būdo, pamatai taip suskirstomi:

1) Tiesioginio perdavimo pamatas, kai visas spaudimas perduodamas pamato padu gruntui. Prie šių priskaitomi paprastieji — plokščiadugniai, kesonų, pontonų ir kiti pamatai.

2) Netiesioginio arba trinties pagalba perdavimo pamatai, prie jų priskaitomi visi pamatai ant polių ir kiti gruntui sustiprinti būdai.

3) Kombinuoti 1 ir 2 posme pažymėti pamatai. Prie šių priskaitomi visi tie pamatai, kurie dalį spaudimo perduoda padu tiesiog gruntui ir dalį šonine trintimi, pav. šuliniai, gilūs pamatai.

Tiesioginio spaudimo perdavimo pamatai statomi ten, kur esama negiliai tvirto grunto, o kur giliai esti tvirtas gruntas, ten statomi netiesioginio perdavimo arba kombinuoti pamatai.

61. Laukakmenių, betono, gelžbetonio ir smėlio pamatai

Kai visų į tilto ramtą veikiančiųjų jėgų atstojamoji nukrypsta nuo vertikalės arba nesutampa su pamato viršaus

svorio centru, tai pamato padą patariama, vis dėlto, taip projektuoti, kad spaudimas į gruntą pasiskirstytų simetriškai pagal viso pado plotą. Tačiau reikia skirti du atsitikimus:

Pirmas atsitikimas: tiek pastovus, tiek laikinas apkrovimas perduoda pamatui jėgą, kuri turi pastovią kryptį ir yra pridėtą taške, kurio padėtis nesikeičia, pav., trijų šarnyrų arkos pamatas. Čia, tiek laikino, tiek pastovaus apsloginimo jėgų atstojamoji visada eina pro šarnyrus pade ir spynoje. Tad pamatas turi būti taip suprojektuotas, kad spaudimas simetriškai pasiskirstytų po pado plotą, vadinasi, kad atstojamoji eitų pro pado svorio centrą.

Antras atsitikimas: pastovus apkrovimas iššaukia atramos reakcija, kuri visada eina pro pado svorio centrą, o pilnas apkrovimas (pastovus + laikinas) duoda atstojamąją, kuri per svorio centrą neina. Šiuo atsitikimu elgiamasi dvejopai, žiūrint koks apsloginimas turi didesnės reikšmės grunto atsparumui. Jei laikino apkrovimo iššauktas grunto apsloginimas nežymus, palyginant su pastoviu, tai pamatas projektuojamas taip, kad nuo pastovaus apkrovimo pamatas būtų simetriškai apslogintas, gi pilno apkrovimo atstojamoji perkirstų padą jo viduriniame pločio trečdalyje arba, bendrai, branduolio ribose. Jei laikinas apkrovimas turi didesnės įtakos į grunto apsloginimą, negu pastovūs, tai elgiamasi atvirkščiai.

Jei jėgų atstojamoji su pamato piūvio svorio centru nesutampa, bet guli ant vyriausios piūvio ašies arba vienos iš piūvio simetrijos ašių, tai projektuojama šiuo būdu: sakysim visų į pamato pado veikiančių jėgų atstojamoji arba jos vertikalė komponentė yra P (167 brėž. žiūr. 167 pusl.)*) ir taškas, kuriame šita jėga pridėta, guli ant vienos iš simetrijos ašių. Pado arba kurio nors jo piūvio plotas $F = a \cdot b$.

Jėgos P momentas: $M = P \cdot e$

Tąsyk slėgimas į gruntą arba į pamatą:

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W} = \frac{P}{a.b} \pm \frac{6P.e}{a^2.b} = \frac{P}{a.b}\left(1 \pm \frac{6.e}{a}\right) = \sigma' \pm \sigma'' .$$

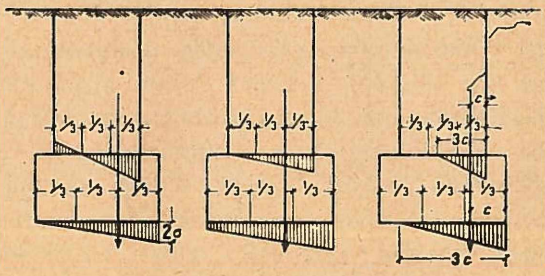
$\sigma' + \sigma''$ turi būti lygi leidžiamam grunto apsloginimui ir nieku būdu neprašokti 1,5 σ (jei iššaukianti nelygiai paskirstytą gniužimą jėga veikia retai ir neilgai).

$\sigma' - \sigma''$ gali turėti neigiamos reikšmės tik tuomet, jei pamato medžiaga gali atsispirti tempimo jėgai. Paprastai, skaičiuojant

*) Brėžiny vietoje a turi būti e (ekscentricitas).

pamatus, kurie turi atsispirti nelygiai paskirstytam slėgimui, traukimo įtempimai leidžiami tik riebiame betone, bet jie neturi prašokti 1,5 — 2,5 kg/cm². Laukakmenių mūriny ir liesame betone leidžiami ne didesni kaip 1 — 1,5 kg/cm² įtempimai. Gruntas, ant kurio guli pamato padas, žinoma, negali atsispirti jokioms traukimo jėgoms.

Jei pamato medžiaga gali traukimo jėgoms atsispirti, tais atsitikimais, kai $\sigma' - \sigma'' > 0$ arba $\sigma' - \sigma'' = 0$, slėgimas į medžiagą pasiskirsto taip, kaip nurodyta 167 a brėž. Jei medžiaga negali traukimui atsispirti, tai tokiam atsiradus (kai $\sigma' - \sigma'' < 0$) atsidaro rievės ir tada spaudimas persiduoda tik tai piūvio daliai,



167 a brėž. 167 b brėž. 167 c brėž.

kurios ribose $\sigma' - \sigma'' \geqq 0$ (167 b ir c brėž.). Tad formule

$$\sigma = \frac{P}{a.b}\left(1 \pm \frac{6e}{a}\right)$$

galima naudotis tik tol, kol $\sigma' - \sigma'' \geqq 0$

Jei $\sigma' - \sigma''$ tampa neigiamas, tai spaudimas persiduoda tik piūvio daliai, kurios plotis $= 3c$ (167 b ir c brėž.), dėl to krašto įtempimas būna didesnis, negu formulė duoda.

Pavyzdys. Betoninis pamatas (168 brėž.) yra apslogintas jėga $P = 24$ ton.; leidžiami betonui atsparumai: gniužimui — 12 kg/cm², traukimui 1,5 kg/cm². Pado plotas $F = a.b = 1{,}70 \times 1{,}25$ m. Leidžiamas vidutinis gruntui slėgimas — 2,5 kg/cm², $e = 50$ cm, $c = 35$ cm.

Betono įtempimas piūvy 1—1

$$\sigma_b = \frac{2400}{170.125}\left(1 \pm \frac{6.50}{170}\right) = 1{,}13(1 \pm 1{,}77).$$

$$\sigma' = +3{,}12 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma'' = -0{,}87 \text{ kg/cm}^2.$$

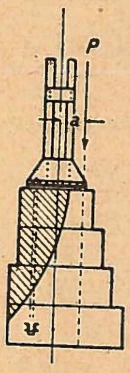
Pamatas negali atsispirti traukimo jėgai, todėl slėgimas bus perduodamas tik pado dalimi, kurios ilgis $z = 3c = 3 \cdot 0{,}35 = 1{,}05$ m.

Vidutinis grunto apsloginimas:

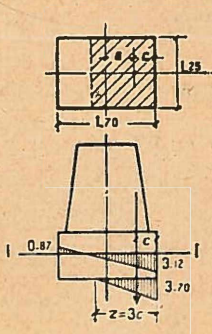
$$\sigma_{vid} = \frac{24000}{105.125} = 1{,}86 \text{ kg/cm}^2 ,$$ o

maksimalis įtempimas ties briauna bus lygus:

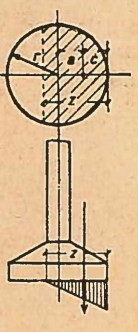
$$\sigma_{max} = \frac{2P}{3bc} = 2\,\sigma_{vid} = \frac{2.2400}{3.125.35} = 3{,}70 \text{ kg/cm}^2 .$$



167 brėž.



168 brėž.



169 brėž.

Šitas įtempimas leidžiamas, nes $3{,}70 < 1{,}5 \cdot 2{,}5$. Priešingu atsitikimu tektų kiek pailginti padą dešinėn. Tąsyk, kad visas padas dalyvautų slėgimo perdavime gruntui, turi būti išlaikyta sąlyga:

$$c \geqq \frac{1}{3} a .$$

Kai apvalus piūvis (169 brėž.), tąsyk

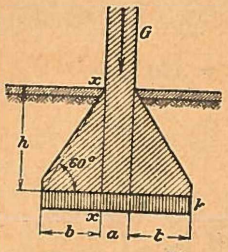
$$z = c \left(2{,}33 + 0{,}58 \frac{c^2}{r^2} \right) ,$$

$$\sigma_{max} = 0{,}58 \frac{P}{c\sqrt{2cr}} .$$

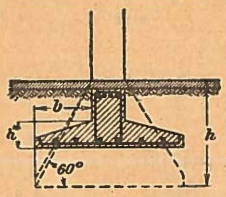
Horizontalė atstojamosios komponentė paprastai nežymi ir ji atsveriama trinties jėga tarp pado ir grunto.

Pamatai ant silpno grunto. Tobuliausias pamatas ant silpno grunto yra ištisa gelžbetoninė plokštė po visu pamatu, nes tąsyk galima iki minimumo sumažinti grunto ploto vienetui tenkantį spaudimą ir lygiai paskirstyti jį po visą pado plotą. Jau buvo nurodyta, kad didėjant pamato pado plotui kartu didėja ir jo gilumas, ir kad betono ir laukakmenių masyvuose spaudimas persiduoda 60° kampu su vertikale (169 a brėž.). Dėl to žymiai ap-

krautiems pamatams tenka giliai įleisti padą. Šitą gilumą galima sumažinti pavartojus gelžbetoninį pamatą. Kadangi gelžbetoninė konstrukcija gali atsispirti žymioms lenkiamosioms įražoms, tai

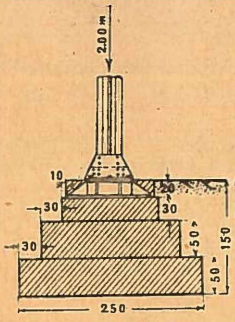


169 a brėž.

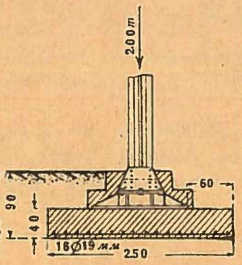


169 b brėž.

pamatą galima taip suprojektuoti, kad esant mažesnei masei bus pasiektas tinkamas grunto apslėgimas. 170 ir 171 brėž. parodo mums pamatus kolonai, kuri neša 200 tonų krūvį; pirmas — betoninis, antras — gelžbetoninis; esant tam pačiam pamato platu-



170 brėž.



171 brėž.

mui, pirmasis teko įleistį 1,5 m, antrasis tik 0,9 m. Betoniniam pamatui (169 a brėž.) $b : h = ctg60^0 = \sim 0{,}6$. Gelžbetoninės plokštės storumas imamas $h' = ½$ ligi $⅓$ b (169 b brėž.). Jei žemės spaudimas (reakcija) į pamato pada yra k (169 a brėž.), tai momentas pavojingame piūvy x — x bus:

$$M_{x-x} = \frac{k b^2}{2}.$$

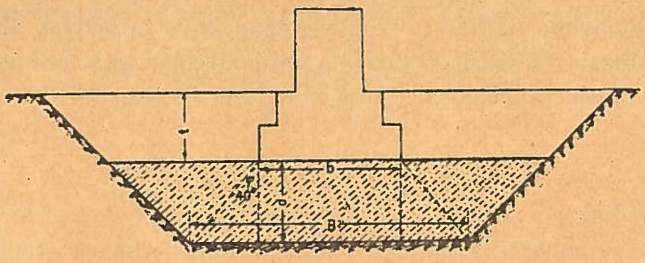
Be pamatų paplatinimo ir gruntui tenkančio spaudimo sumažinimo vartojamas dar grunto sutvirtinimas ir silpno grunto mažiau suspaudžiamu gruntu pakeitimas (pav. smėliu). Kaip jau

buvo nurodyta, silpno grunto yra tas pavojus, kad pamatas gali nevienodai nusėsti ir gali atsirasti išsiputimų. Kai silpnas gruntas aptvertas špunto siena ir jam krūvis tolygiai perduodamas ištisa monolitine plokšte, tai ir toks gruntas gali gerai laikyti. Tokių plokščių rolę atlieka sutvirtinto (suplūkto) grunto sluoksnis, smėlio sluoksnis arba ištisa gelžbetonio ir betono plokštė.

Silpnas gruntas sutvirtinamas įvairiais būdais, dažniausiai įkalant polius, pastaruoju laiku — cementavimu (įpurkštinant po spaudimu cementą). Mažiau atsakomingais atsitikimais gruntas sutvirtinamas įplūkiant skaldą ar mažus laukakmenius; tačiau toks sutvirtinimas tepasireiškia nedidelėje gilumoje (0,5 m).

Skalda taip įplūkiama: ant kotlovano dugno išpilamas plonas (0,1 - 0,2 m) skaldos sluoksnis arba smulkių laukakmenių 0,2 — 0,3 m storumo sluoksnis ir sunkiais 40 — 50 kg plūktuvais įspaudžiamas gruntan. Kai pirmas sluoksnis įsispaus žemėn, pilamas antras ir tokiu pat būdu įplūkiamas, paskui trečias, ketvirtas, kol skalda jau nebesmigs gruntan, ir kotlovano dugnas pradės kilti aukštyn. Skalda dalinai suspaudžia gruntą po savimi, dalinai išspiria jį į šonus.

Kadangi aukštai stovinčio grunto vandens primirkęs molis išsileidžia visai negiliai, tai nurodytas skaldos įplūkimas labai tinka paviršiuje išsileidusiam molio gruntui sutvirtinti.



172 brėž.

Vietoje silpno grunto sukietinimo skalda, dažnai vartojamas kitas būdas: silpnas gruntas pašalinamas ir vietoje jo pripilama gero grunto sluoksnis (pav. smėlio).

Reikalingas smėlio sluoksnio storumas nustatomas formule (172 brėž.):

$$\sigma = \frac{P}{b + 2d\,\mathrm{tg}\varphi} + \gamma(d + t), \quad \text{kur}$$

σ — leidžiamas smėlio sluoksnio padui spaudimas kg/cm²,

P — apsloginimas, kuris tenka nuo pastato 1 ties. m pamatui, žemės paviršiaus lygy,

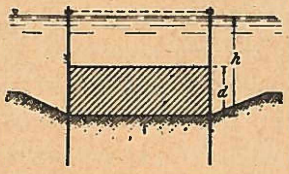
γ — vidutinis žemės, smėlio ir mūrinio svoris kg/m^3,

φ — natūralaus šlaito kampas,

Jei smėlio sluoksnis aukščiau už grunto vandens lygį, tai $\gamma = 1800$ kg/m^3, $\varphi = 40^0$; jei žemiau, vadinasi, primirkęs vandens, tai $\gamma = 2000$ kg/m^3, $\varphi = 24^0$.

Smėlis pilamas ne storesniais kaip 15 — 20 cm sluoksniais, palaistomas vandeniu ir gerai suplūkiamas.

Normaliai smėlio pamatui 1,5 — 2 m storumo galima leisti 1 — 1,5 kg/cm^2 slėgimą.



173 brėž.

Pamatas ant betono sluoksnio po vandeniu. Dedamo vandenyje betono sluoksnis turi būti tokio storumo, kad išsėmus iš kotlovano vandenį, kiląs iš dugno vanduo jo neiškeltų, vadinasi, kad jis būtų pusiausvyroje. Ploniausias betono sluoksnis nustatomas iš formulės (173 brėž.):

$$\gamma_b . d = \gamma_v . h, \quad \text{kur } \gamma_b = 2, \ \gamma_v = 1 .$$

Betonavimo darbas po vandeniu jau buvo aprašytas anksčiau (žiūr. piltasis betonas), nuleisti vartojami tam tikri piltuvai, uždarytos dėžės arba maišai, kurie atidaromi tik nuleidus betoną ligi dugno.

62. Polių pamatai

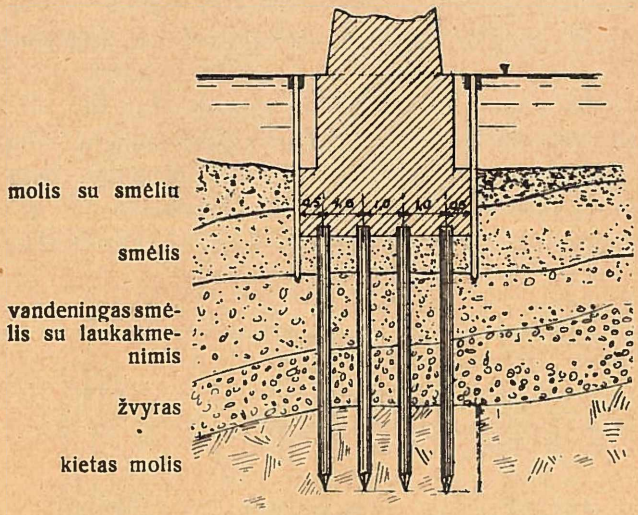
Dažniausiai polių pamatai vartojami tada, kai esti silpnas vandens persunktas gruntas ar geras gruntas randasi giliai. 174 brėž. parodytas ant polių pamatas; jis yra nuleistas per kelis sluoksnius ligi tvirto grunto.

Seniausias pamatams pastatyti būdas — padėti ant medinių polių rostverką. Seniau, dažniausiai, buvo vartojami mediniai poliai, bet dabar jau plačiai vartojami gelžbetoniniai poliai.

Gelžbetoniniai poliai yra dvejopi: vieni įkalami į gruntą jau gatavi, o kiti grunte paruošiami. Pastoviems tiltams mediniai poliai vartojami tais atsitikimais, kai esti nuolat vienodas grunto vandens horizontas ir polių viršūnės ne aukščiau žemiausio vandens horizonto, nėra medį gadinančių gyvių, kirminų ir t.t.

Jei išlaikytos minėtos sąlygos, tai medis gali laikyti ilgą laiką ir tinka pamatams, lygiai kaip ir akmuo ar betonas. Mediniai poliai pigesni už gelžbetoninius ir visur lengva jų gauti, tuo tarpu gelžbetoninių retai arba niekad nėra atsargoje. Dėl šios priežasties dažnai pavėlinami 6 — 10 savaitėms darbai, nes tiek laiko reikia gelžbetoniniams poliams paruošti ir sukietėti.

Gelžbetoniniai poliai turi kietėti ne mažiau kaip 6 savaites. Jei vartojamas aukštos kokybės ir greit kietėjąs cementas, pav., ciment fondu, tai tąsyk pakanka 8 — 14 dienų kietėti. Tačiau betonas su šiuo cementu reikalauja stropaus ir tikslaus apdirbimo ir tas pabrangina visą įrengimą.



174 brėž.

175 brėž.

Mediniai poliai mažiau pasipriešina kalimui, pigiau ir greičiau įkalami, negu gelžbetoniniai. Be to, daugiau kas gali apsiimti kalti medinius, negu gelžbetoninius polius. Pastariesiems kalti reikalingas galingas kaltuvas su 1½—2 tonų meška. Gelžbetoniniai poliai geri tik tuo atžvilgiu, kad jie ilgiau laiko, geriau atsispiria, kai keičiasi grunto vandens horizontas, gali išlaikyti didesnį spaudimą ir juos galima gaminti ilgesnius, negu medinius. Medinius polius galima imti tik max 20 m, o gelžbetoninius — 40 m ilgio. Kai grunto vanduo esti per 2 m žemiau pamato pado, ir giliau, tąsyk naudingiau vartoti gelžbetoninius polius, nes mažiau

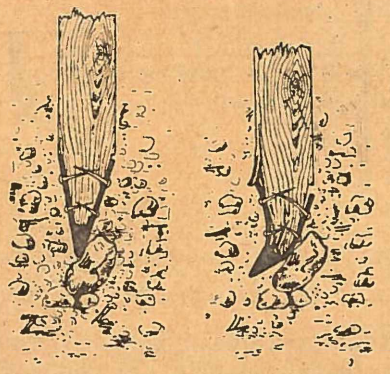
reikia atlikti žemės darbų, semti vandens ir dėti betono; tąsyk nėra reikalo nuleisti pamatą ligi žemiausio vandens horizonto.

Panašiais atsitikimais dirbama ir kombinuotu būdu: ant medinių polių, kurių viršūnės nupiaunamos žemiau Ž. V. H., priduriami gelžbetoniniai poliai. Tačiau toks būdas retai vartojamas.

Rečiau vartojami paruošiami grunte gelžbetoniniai poliai; jie vartojami dažnai apgyventose vietose, kai norima išvengti namų pamatų sukrėtimo ir sustiprinti senus pamatus.

Mediniai poliai. Mediniams poliams veik išimtinai vartojama pušis. Pušių kamienai labiau tinka tie, kurie mažiau turi šakų, šakos sveikos ir nepalaidos. Be to, labai svarbu medžius nukirsti žiemą, kada medis turi mažiausiai sulčių. Kamienai turi būti tiesūs ir nesusukto sluoksniavimo, mediena sveika. Geros rūšies laikomi tie rąstai, kurių kreivumas neprašoka 1 — 2% kamieno ilgio.

Poliai kalami laibgaliu į gruntą, kitaip sakant, drutgalys viršuje, nes drūtgalys mažiau deformuojasi nuo kalimo smūgių ir be to, taip stovėdamas polis yra atsparesnis. Kad lengviau būtų įkalti, polių galai nusmailinami (175 brėž.). Nusmailinama keturkampės ar šešiakampės piramydės privalo ilgyje = 1½ — 2 d,



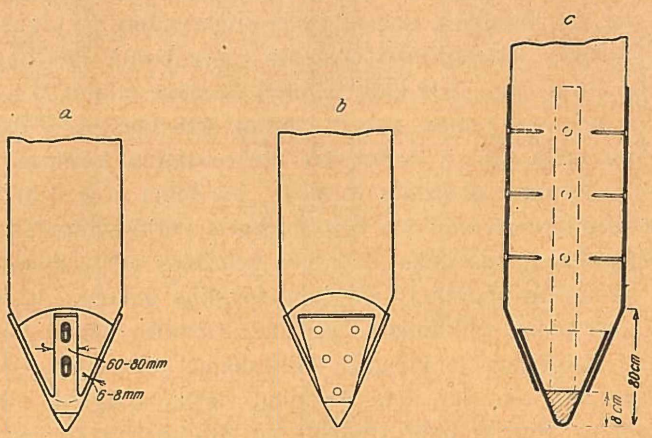
176 brėž.

177 brėž.

kur d — polio diametras, bet ne ilgiau kaip 50 cm. Smaigalis pasilieka bukas, 3 cm skersmens skrituliuko pavidalo. Kai labai kietas gruntas, su žvirgždu ir akmenimis, tąsyk ant polių smaigalio užmaunamas geležinis noragas, tačiau jis mažai ką padeda.

176 brėž. parodyta kaip deformuojasi žvyro ar žvirgždo grunte kalamas geležinis noragas. Kaip matyti iš brėžinio, noragui

užėjus ant akmens, jis kiek nukrypsta į šalį, nes pasiduoda vinys, kuriais jis prikaltas prie polio. Toliau kalant, medis seka paskui pakrypusį noragą ir gniuždamas susiplūšija (susilamdo). Vadinasi tokiu atsitikimu noragas ne tik polio neapsaugoja, bet yra jo pasigadinimo priežastis. Tais retais atsitikimais, kada polis sutinka centrinį (išilginį) kliūties pasipriešinimą, kuris yra nukreiptas pagal polio ašį, tai ir čia noragas negelbsti, nes medžio atsparumas ne padidėja dėl to, kad jis bus gniužinamas ne į gruntą, bet į norago geležį. (177 brėž.). Noragas, šiuo atsitikimu, tik perduoda jėgą, kuri sulamdo polį; aštrūs norago kraštai, įsipiaudami medin pagreitina jo gniužimą. Praktikos patirta, pav., šios knygos autoriui vykdant Raudondvario geležinio tilto statybą, kad kieto molio ir smulkaus smėlio grunte noragai naudos neatneša. Noragai gali būti naudingi tik labai aštrių briaunų žvyro ir žabaro grunte, nes nuo briaunų aštrumo labai nukenčia neapgintos polių viršūnės. Taip pat tokie noragai tiktų kalti polius

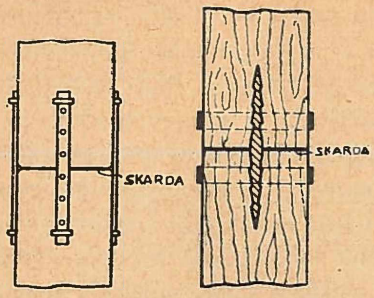


178 brėž. 179 brėž. 180 brėž.

grunte, kur pasitaiko medžių, pav., upių krantuose, kur žemėse guli smėlio apnešti medžiai, taip pat kur esama senų medinių rostverkų. Bet noragai turi būti tinkamai sukonstruoti pagal 178, 179 ir 180 brėž. Detalės matyti brėžiniuose.

Didžiausi praktikoje vartojami poliai siekia 20 m ilgio ir 40 cm skersmens. Paprastai, 3 — 4 m ilgio poliai imami 24 cm ir kiekvienam viršaus ilgio metrui pridedama 1½ cm skersmens. Ant polio galvos užmaunamas geležinis žiedas, kad apsaugojus

galvą nuo suplūšijimo. Žiedas pagaminamas konuso formos 1:20, panašus į špuntlenčių žiedą, tik apskritas (žiūr. 141 brėž.). Jei įkaltąs polis neduoda atsakymo, ir visas sulenda į žemę, tai ji reikia pailginti 181 brėž. nurodytu būdu; tarp suduriamų polių reikia padėti skardą ar įstatyti užkirstą stimbrą.

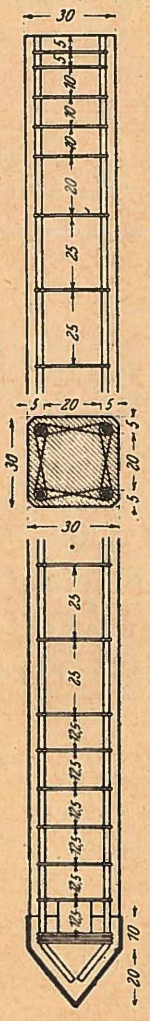


181 brėž.

Gelžbetoniniai poliai. Jie turi šiuos privalumus: 1) gali stovėti virš grunto vandens horizonto, dėl to gali būti taikomi su jais negilūs pamatai, 2) gerai susiriša su pamatu (įleidžiant galvos armatūros geležį į pamato betoną), 3) didesnės išmieros (tokie poliai gali būti 25—60 cm skersmens ir ligi 40 m ilgio). Jų trūkumai: 1) sunkūs ir nepatogūs kilnoti, 2) mažas lenkimui atsparumas, dėl ko, kilnojant, dažnai būna sugadinami, 3) ilgas pagaminimo laikas. Iš paprasto cemento pagaminti gelžbetoniniai poliai turi pirm negu juos kalti išgulėti formose minim. 6 — 8 savaites, o jei vartojamas ciment fondu, tai min. 6 — 8 dienas. Dabartiniu metu poliai daromi tik horizontalėse formose. Fabrikuose - vartojamos geležinės formos. Jos būna 4 ar 8-ių kampų. Formos pripildomos minkšto betono, kuris gerai plūkiamas. Savo stiprumą poliai gauna dėka įdedamos geležinės atspariosios armatūros. Armatūra sudėta iš išilginių apvalios geležies strypų su skersiniais ryšiais (vilktimis). Išilginė armatūra duoda poliui atsparumo išilginiam lenkimui ir atitinkamo standumo. Išilginis strypų skaičius tokį pat, koks briaunų, arba dvigubai didesnis (182 brėž.). Žiūrint polio dydžių, šie strypai esti 16 — 35 mm skersmens. Geležis turi būti padengta ne plonesniu kaip 2 cm betono sluoksniu. Jei poliai kalami jūros vandeny ar grunto vandeny, kuris turi nepageidaujamų chemiškų priemaišų, tai betono padengimas daromas minimum 5 cm storio. Kad išilginė armatūra neišsilenktų, vartojami skersiniai ryšiai. Skersai rišama kas 8 - 30 cm 3-jų - 7 mm viela; polio galuose skersiniai ryšiai tankiau dedami. Vietoje vilkčių vartojami spiraliniai (įvijūs) surišimai (183 brėž.) - Considere sistemos. Ties polio galais spiralės dedamos tankiau, joms vartojama 6 — 16 mm viela. Vietoje apvalios geležies vilkčių taikoma taip pat 2 — 3 mm viela, kuri

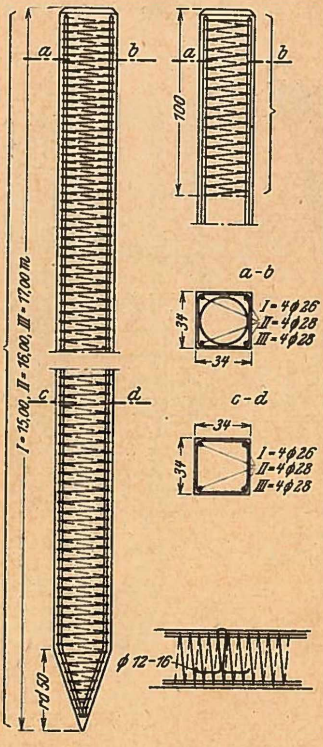
daug sykių apsukama apie išilginę geležį (182 brėž.). Vietoje spiralinės kartais vartojama ypatinga ištęsiamoji armatūra, 184 brėž.

Armatūra skaičiuojant laikoma, kad per vidurį ar galuose paremtas polis turi išlaikyti be savojo svorio dar 100% priedo. Toks priedas duodamas dėl galimų, polius kilnojant, sutrenkimų. Išilginės armatūros galai baigiasi per 5 cm nuo polio galvos; nupiaunami statmenai ašiai, kad meškos smūgis lygiai persiduotų išilginiams armatūros strypams.



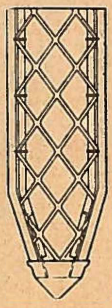
Hennebique sistemos gelžbetoninis polis

182 brėž.



Considère sistemos polis

183 brėž.

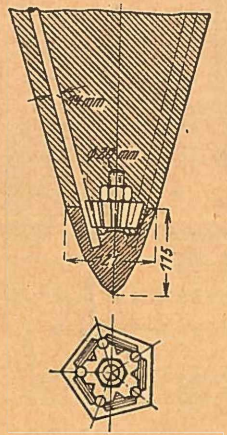


Gelžbetoninis polis su ištęsiamąja armatūra

184 brėž.

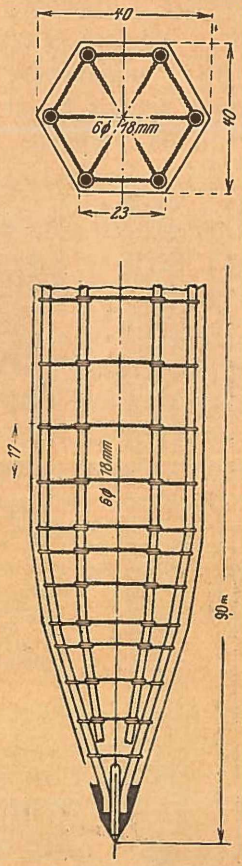
Polių galva tiesiog įleidžiama į betoną arba, nukapojus betoną ir išlenkus armatūra, jos strypai įleidžiami į pamatą. Pry-

šakio smailumo ilgis sunkiam gruntui (kietas molis, žvyras, mergelis, smėlis) - polio skersmens, lengvam gruntui 1½ syk tiek. Kadangi betonas pryšaky nelaiko, tai smaigalis daromas iš geležies. Ilgiems poliams, esant kietam gruntui, duodami ketiniai arba lietojo plieno noragai (185 brėž.). Atskiri išilginės armatūros strypai čia įstatomi į tam tikrus lizdelius norage ir įtvirtinami ypatin-

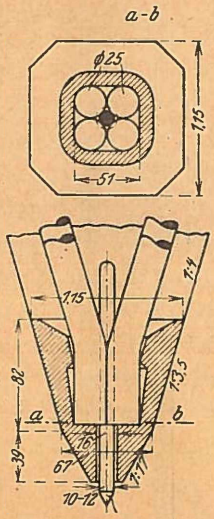


Gelžbetoninio polio pryšakio konstrukcija

185 brėž.



186 brėž.



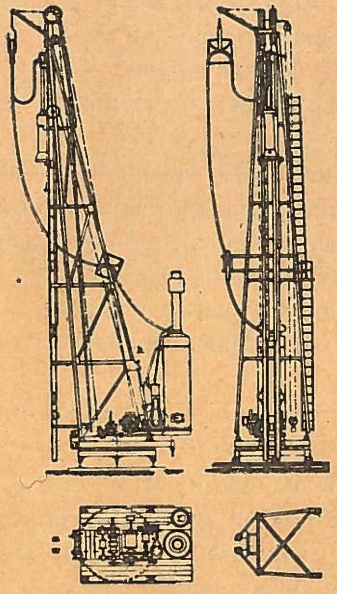
Gelžbetoninis polis su lietojo plieno pryšakiu

gu kyšuliu. Trumpiems poliams silpname grunte pakanka paprastų noragų; šiuo atsitikimu išilginės armatūros strypai polio smaigalyje suvirinami (186 brėž.). Dažnai smaigalis atskiro norago neturi, bet jį atstoja keturi išilginės armatūros strypai, kurie visi suvirinti tarp savęs kartu su įdėtu tarp jų geležiniu 16 mm skersmens ir 20 cm ilgio pirštu. Paskutinis sudaro pačią smailu-

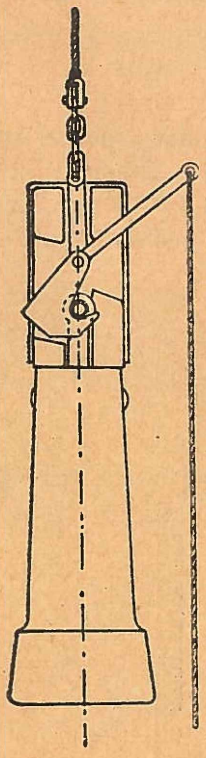
mą. Po suvirinimo strypai atitinkamai išlenkiami. Po to smaigalio armatūra apginama 6 mm spirale. Parodytas 186 brėž. Züblin'o polis nuo aprašyto skiriasi tuo, kad keturi išilginiai strypai čia nėra suvirinti, bet sujungti norage, įvarius geležinio strypelio pavidalo kylį.

Poliai, kurių galva apginta spirale, gali būti kalami be kepurės. Poliams vartojamas betonas sudėties 1:1½:3 ligi 1:2:4.

Dažnai vartojami įplaunamieji gelžbetoniniai poliai. Jie įleidžiami žemėn plaunamuoju vandens veikimu. Tokie poliai ties viduriu turi kanalą, kuriuo leidžiamas kelių atmosferų spaudžiamas vanduo.



187 brėž.



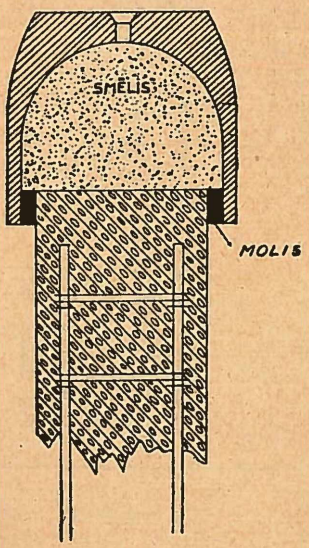
188 brėž.

Polių kalimas. Mažų tiltų poliai kalami lengvais mechaniškais kaltuvais, didelių — dideliais, sparčiais gariniais „Lakur", „Menk" ir kt. tipo kaltuvais (187 brėž.). 188 brėžiny parodyta garinio kaltuvo meška. Rankinių kaltuvų smūgių eilė (zalogas) susideda iš 15 — 30 smūgių. Kiekvieniems 100 kg meškos svorio

reikia 6 — 8 darbininkų. Gariniai kaltuvai duoda ligi 40 smūgių per min. Žemiau dedamoje lentelėje nurodyti garinių Menck und Hambrock kaltuvų meškų duomenys. Gelžbetoniniai poliai

Rūšis	8	16	D	T
Svoris	1000	2000	4000	6000
Pakėlimo aukštis mm	1320	1680	1280	1280
Garo įleidimas . .	žarna	vamzdžiu	vamzdžiu	vamzdžiu
Atitinkamas polio svoris kg . . .	1000	3600	7000	12000

kalami meška, kurios svoris turi būti ne mažesnis už polio svorį (1—2 tonos), kritimo aukštis 1—1,50 m, o mediniams poliams 1,0 — 4 m. Tinkamiausia mediniams poliams kalti meška sveria: rankinio kaltuvo — 500 — 600 kg, garinio — 800 — 1200 kg.



189 brėž.

Kai esti vandens persunkto smėlio gruntas, tąsyk naudingiau vartoti greit kalantį kaltuvą, o kai molio gruntas — didelę retų smūgių mešką. Kalami gelžbetoniniai poliai turi turėti tam tikrą elastišką kepurę, kurią atstoja smėlio pripiltas plieno šalmas (189 brėž.); mediniams poliams, kalant, pakanka tvirto konusinio žiedo 2—3 cm storumo; kai labai sunki meška, tąsyk ant polio uždedama plieno plokštelė su dygliu jai laikytis.

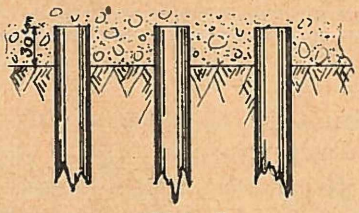
Jei kotlovaną galima nusausinti, tai polius sukalus jis nusausinamas; polių galvos nupiaunamos, paliekama aukščiau kotlovano dugno 30 — 50 cm (190 brėž.), paskui tarp šių polių galų plūkiamas betonas. Jei kotlovano negalima nusausinti, tai poliai nupiaunami vandeny, paliekant aukščiau dugno apie 50 cm.

Kai sunkus gruntas, tąsyk naudingiau polius kalti kartu plaunant gruntą, nes vandens srovė jį minkština ir išjudina. Ge-

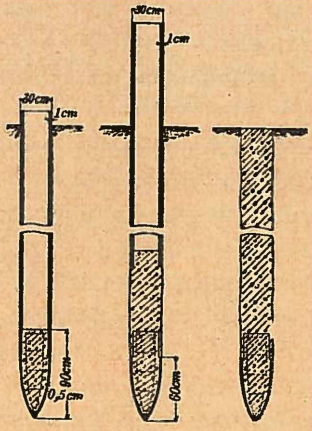
riausia įlesti vandens srovę per polio ašį, bet tatai galima tik tada, kai esti gelžbetoniniai poliai; dažniausiai gi padedami iš šonų du vamzdžiai 4 —10 cm skersmens.

Lengvam gruntui užtenka vandens spaudimo 1 — 2 atmosferų, o sunkesniam — 10 — 12.

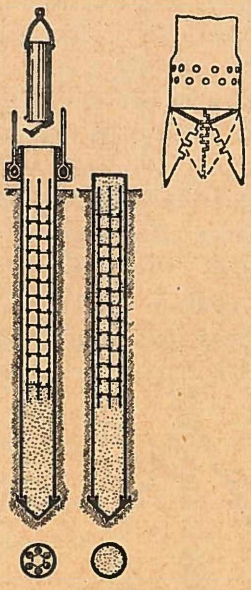
Betonuojami grunte poliai. Čia priskaitomi visų tipų poliai, kuriems pagaminti polio modelis arba vamzdis įkalamas į gruntą; jį ištraukus, skylė išliejama betonu (Raimont, Stern su armatūra ar be jos, Mast, Strauss, Simplex ir kt.).



190 brėž.



191 brėž.

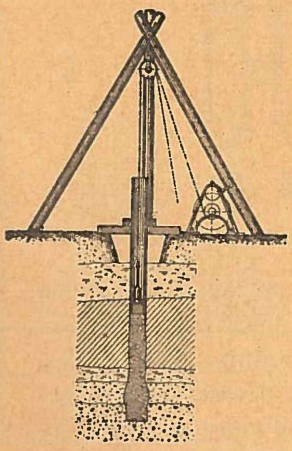


192 brėž.

Visų šių tipų poliai tuo pasižymi, kad jie labai suspaudžia gruntą (supresuoja). Tokie poliai daugiau tinka vidutiniam arba silpnam gruntui; tvirtam giliai esančiam gruntui, kurio viršutinis sluoksnis visai silpnas, jie netinka. Poliai betonuojami su geležiniu apdaru arba be jo; tąsyk esamas grunte vamzdis pagal betonavimo eigą keliamas į viršų, (191 brėž.). Šitų polių trūkumai: 1) betonuojama žemėje neturint galimybės matyti patį betonavimą, 2) jei grunto vanduo turi nepageidaujamų chemiškų junginių, tai tas šviežiam, nesukietėjusiam betonui daug kenkia, nes jis turėtų prieš susiliesdamas su tokiu vandeniu 6 savaites kietėti,

3) po subetonavimo poliai 2 savaites neturi būti apkraunami; šiuo atsitikimu juos prašoka paruoštame būvy kalami gelžbetoniniai poliai, jei tokių turima jau paruoštų. Polių privalumai: 1) galima patogiai polių storumą ir armatūrą pritaikinti grunto sluoksniams ir tuo būdu padidinti polių našumą, 2) kai poliai betonuojami išgręžiamose skylėse, tai pašalinamas bet kuris grunto sukrėtimas, 3) tokie poliai žemėje greičiau kietėja, negu ore paruošiami, tad neturint paruoštų polių, su tokiais poliais statyba eina greičiau, negu su įkalamais; 4) atpuola brangios transportavimo išlaidos, 5) gali būti betonuojami labai ankštoje vietoje, 6) gali būti patogiau už įkalamus sujungiami su pamato betonu.

192 brėž. parodytas Simplekso polis betonuojamas geležiniame vamzdy (30 — 60 cm skersmens, 20 mm sienutės storumo), kuris paskui ištraukiamas. Jei gruntas nelabai kietas, tai vamzdis baigiasi atsidarančiu, iš dviejų konusinių žandų sudėtų noragu (vadin. aligatorius, 192 brėž. kuris kartu su vamzdžiu ištraukiamas pagal betonavimo eigą). Jei kietas gruntas, jį pakeičia plieninis nuoragas. Jis yra laisvai užmaunamas ant vamzdžio. Vamzdį ištraukiant, noragas pasilieka skylėje. Vamzdį įkalus, dedama armatūra, paskui įplūkiamas arba įpilamas betonas. Betonas įleidžiamas tam tikru kaušu su atidaromu dugnu (192 brėž.). Aligatorius žymiai papigina darbą, palyginus su masyviniu nuoragu. Yra atsitikimų, kuomet Simplekso poliai 40 cm skersmens ir 18 m ilgio išlaikydavo bandomąjį apsloginimą nuo 85 iki 120 tonų smėlio, molio ir durpių mišriame grunte.



192a brėž.

192 a brėž. parodyti rusų inž. Štrauso patentuoti poliai, kurie plačiai vartojami visame pasauly. Šitie poliai taip betonuojami: iš pradžių grunte išgręžiama skylė, kuri paskui nuosakiai pripilama betono, jį plūkiant ir pamažu ištraukiant vamzdį. Jei yra grunto vandens, tai jį pašalina įleidžiant suspausto oro. Vandens sėmimas gi mažai padeda.

Tokie poliai vartojami, jeigu tvirtas gruntas guli tiek giliai, kad reikalingi labai ilgi poliai (>12—15 m), bet su sąlyga, kad spaudimas būtų lygiai paskirstytas.

Polių pasipriešinimas. Kalant polius gaunamas šoninės trinties ir smaigalio smigimo pasipriešinimas. Paskutinysis pasireiškia tada, kai esti kietas gruntas. Polių ilgis ir pasipriešinimas nustatomas pagal gręžiamo grunto rūšį, tad reikia atlikti pakankamą skaičių gręžimų.

20 lentelėje nurodytas tenkąs polio šoninio paviršiaus 1 m² trinimui pasipriešinimas tonomis.

20 lentelė.

Polių rūšis	Dumblo ir durpės grunte	Minkšto molio grunte	Vandeningo (plaukiančio) smėlio grunte	Susigulėjusio smėlio ir molio grunte
Mediniai poliai	0	ligi 1,0	ligi 2,0	ligi 3,0
Gelžbetoniniai pol.	0	„ 1,2	„ 2,5	„ 4,0

Prie nurodytų dydžių dar pridedamas smaigalio kalimui pasipriešinimas, kuris sudaro polio piūvio 1 cm²:

a) žvyro grunte, žiūrint gilumo . . . 5 — 10 kg.
b) molio „ „ „ . . . 4 — 7 kg.

I *Pavyzdys.* Gelžbetoninis polis 32 × 32 cm, 10 m ilgio, durpių gruntas — 2 m, minkšto molio — 2 m, plaukiančio smėlio — 2 m, kieto molio 3 m.

1 ties. m šoninis paviršius: $4 \times 0{,}32 = 1{,}28$ m².

Pasipriešinimas trinimui: $1{,}28\ [2 . 0 + 2 . 1{,}2 + 2 . 2{,}5 + 3 . 4{,}0] = 25$ t.

Pasipriešinimas smaigalio smigimui: $32 . 32 . 7 = 7$ t.

Bendras pasipriešinimas: $24 + 7 = 31$ t.

II *Pavyzdys.* Medinis polis 10 m ilgio ir 32 cm skersmens, tame pat grunte gali išlaikyti:

1 ties. m šoninis paviršius $\pi . d . 1 = 3{,}14 . 0{,}32 . 1 = 1$ m².

Pasipriešinimas trinimui: $1\ [2 . 0 + 2 . 1{,}0 + 2 . 2{,}0 + 3 . 3{,}0] = 15$ tonų.

Pasipriešinimas smaigalio smigimui: $\pi r^2 . 7 = 3{,}14 . 16^2 . 7 = 5{,}5$ ton.

Bendras pasipriešinimas: $15 + 5{,}5 = 20{,}5$ tonų.

Jei poliai kalami ne labai toli vienas nuo kito, tai gruntas susispaudžia ir atsparumas didėja. Bet vis dėlto tarp polių tarpas neturi būti mažesnis už dvigubą polio diametrą.

Polio pasipriešinimas nustatomas pagal paskutiniais meškos smūgiais gautą įsmigimą. Kad gavus polio atsakymą, dažniausiai taikoma Brikso formulė, tačiau ja nenumatytas elastiškas medinio arba gelžbetoninio polio galvos suspaudimas. Pagal Briksą:

$$P = \frac{hQ^2.q}{m\,e\,(Q+q^2)}$$

kur:

P — leidžiamas polio apkrovimas,

m — atsargos koeficientas = 3 — 5 (pagal pastato svarbumą).

Q — meškos svoris kg,

q — polio svoris kg,

h — meškos kritimo aukštis mm,

e — polio nuo paskutinio smūgio įsmigimas mm.

Pavyzdys. Leidžiamas polio apkrovimas = 25000 kg, Q = 500 kg, q = 400 kg, h = 1000 mm, m = 5, koks turi būti e?

$$e = \frac{h.Q^2q}{mP(Q+q)^2} = \frac{1000.500^2.400}{5.25000(500+400)^2} = \sim 1\,mm.$$

Visos esamos formulės, būtent: Weisbacho, Brikso ir kt. taikoms ligi tam tikros ribos. Dideliems tiltams reikia visada išbandyti polius apkrovimu. Tokio apkrovimo rezultatai gaunami pakankamai tikslūs. Jei mediniai ar gelžbetoniniai poliai 30 cm skersmens stovi ne mažiau kaip 1 m kietame smėlio ar molio grunte, tai galima imti leidžiamąjį apkrovimą 1-am poliui = 20 tonų ir jį didinti proporcingai polio piūvio plotui. Tačiau mediniai poliai turi išlaikyti be kniubinimo išilginį spaudimą.

Kad gavus geresnį supratimą apie polio įsmigimą ir kiek jis gali išlaikyti, kalimo metu vedamas atitinkamas polių kalimo dienynas. 21 lentelėje nurodyta kaip reikia vesti polių kalimo dienyną. Kiekvienam poliui skiriama 1 — 2 puslapiai, žiūrint kiek tenka kalti.

21 lentelė.

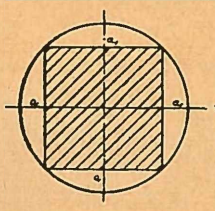
Tiltas. 193 m. mėn. d. Kotlovanas Nr.			
Polis Nr.		Polio drutgalio diam cm.	
Pradėta kalti val. min.		Polio ilgis m.	
Baigta kalti val. min.		Įkalimo gilumas m.	
Polio laibgalio diam cm.		Meškos svoris m.	
Smūgių eilės Nr Nr	Smūgių skaičius eilėje	Įsmigimas gruntan: nuo smūgių eilės cm.	Įsmigimas gruntan: viso cm	Meškos kritimo aukštis	Pastaba
.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....

63. Pamatai ant šulinių ir kesonų

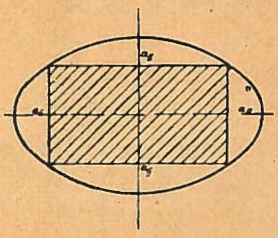
Nuleidžiamuoju šuliniu vadinamas tuščiaviduris, įvairios plane formos, iš abiejų galų atdaras cilindras, kuris statčias nuleidžiamas ligi tvirto grunto, nuosakiai iškasant ir pašalinant iš šulinio dugno žemę. Nuleidus šulinį, jis pripilamas betonu arba smėliu arba užmūrijamas laukakmenimis. Tuo atsitikimu, kai galima iš šulinių vandenį išsemti (jo mažai priteka) ir gruntą sausai kasti, tada nuleidžiamuosius šulinius galima labai giliai įleisti (net ligi 40 m), jei, žinoma, bus nugalėtas sienelių į gruntą trinimasis. Jei esama grunto vandens, tai reikia turėti paruoštus siurblius ir įrankius, pagaliau narūną, kad galima būtų pašalinti pasitaikiusias kliūtis. Šuliniai būtinai turi siekti tvirto grunto. Jie esti ekonomingi tik tada, kai grunte nėra didelių laukakmenių, medžio kelmų, senų rostverkų. Jei tenka kasti gruntą vandenio užlietame šuliny ir negalima pasiekti peilio, tai dirbti labai sunku. Geriausias šuliniams nuleisti gruntas yra purus ir minkštas (smėlis, neperupus žvyras, dumblas, durpės). Jei grunte esama kliūčių, tai geriausia tinka gelžbetoniniai šuliniai, nes užėję ant kliūties ir dalinai pakibę ore, tokie šuliniai gali išlaikyti traukimo įtempimų. Taip pat jie vartojami, kai tenka nuleisti šulinius giliame

vandeny ir dėlto tenka juos pakabinti ant pastolių ir pamažėl leisti į vandenį, kol pasieks dugną. Jei gruntas mišrus, tai darbai turi būti atiduodami tik prityrusiems specialistams. Vertikalūs samčiai (bageriai) gali būti naudojami žemei semti tik dumblo arba plaukiančiojo smėlio grunte; kitaip reikia vartoti dėžes — samčius arba kasti rankomis, išsėmus vandenį. Plaukiantį smėlį dažnai pasiseka išimti siurbliais*). Šuliniams pagrindinis dėsnis — sienelės turi būti galimai storesnės, nes tada jie lengviau įleidžiami. Patogiausia šiam tikslui šulinio forma — apvali. Tokie šuliniai turi mažiausį šoninį paviršių, per tat ir mažiausią šoninę trintį. Aštrių briaunų šuliniai dažnai užsikabina ir plyšta. Jų skerspiūvio plotas turi atitikti leidžiamąjį gruntui spaudimą. Apvalūs šuliniai, nuleidžiant, sukasi aplink savo ašį, tad, jei viršutinė šulinio dalis projektu numatyta briaunotos formos, tai reikia laiku pereiti nuo apvalios prie projektu numatytos formos (193 brėž.). Taigi šulinio forma plane geriausia ta, kuri atitinka pastato formą, bet išoriniai apibrėžta kreivosiomis.**) Kai pastatas kvadratinio piūvio, tada šulinys—apskritas, kai stačiakampio piūvio — šulinys elipsinis arba panašios pailgos kreivosiomis apibrėžtos formos (194, 195 brėž.). Matome, kad an-

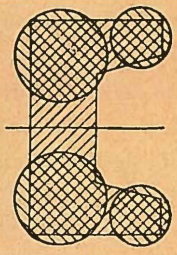
193 brėž.



194 brėž.



195 brėž.



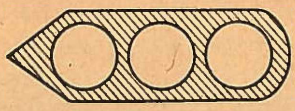
196 brėž.

trojo atsitikimo nenaudingi skerspiūvio plotai a žymiai prašoka tokius plotus a pirmojo atsitikimo. Iš čia išvada: kai viena piūvio kraštinė žymiai ilgesnė už kitą, tąsyk tik vieno šulinio po pastatu vartojimas neekonomingas; reikia įleisti du ar daugiau šulinių. 196 brėž. parodyti šuliniai po tilto ramtu. Gelžbetonis

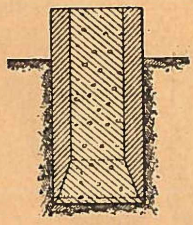
*) Šiuo atsitikimu šulinio diametras turi būti minimum 1,5 m. Jei labai daug priteka vandens, tai reikia dirbti su dėžėmis — samčiais

**) Kad šuliniai geriau leistusi gruntan, jų išorės paviršius ištepamas riebiu cemento skiediniu.

leidžia vartoti šulinius, kurie visu kuo atitinka taurų formą. Tokie šuliniai, tačiau, turi vidaus sienutes su apskritais kampais (197 brėž.); toks šulinys atrodo sudėtas iš kelių vamzdžių ir tokiu būdu esti skaičiuojamas.

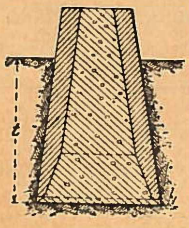


197 brėž.

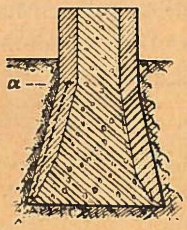


198 brėž.

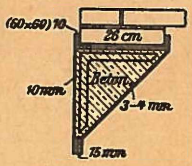
Vertikalis šulinio skerspiūvis gali būti trejopas 198, 199 ir 200 brėž. parodytos formos; pirma forma taikoma, kai dėl silpno grunto pageidaujama, šuliniui grunte laikytis, didesnė trintis, taip pat ir labai tvirtam gruntui po šulinio padu esant; forma parodyta



199 brėž.



200 brėž.

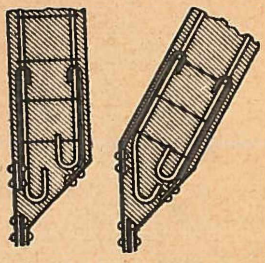


200 a brėž.

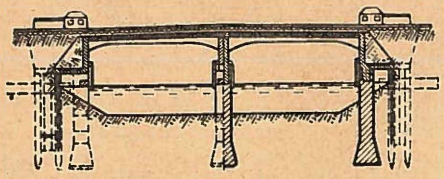
200 brėž. yra geresnė už 199 brėž. tuo, kad tokio šulinio ilgis gali būti pagal reikalą ilginamas, tuo tarpu antrą formą ilginti negalima, nes ji pasidarytų viršuje persiaura, tad jos gilumas t yra pastovus dydis. Atsirandanti a—a piūvy (III forma) traukimo įtempimai pagaunami geležine armatūra.

Šulinio apačia esti geležinis vadinamas peilis, pripiltas viduje betono (200 a brėž.), arba gelžbetoninis (201 brėž.). Mediniai peiliai dabar beveik nevartojami. Nuleistas šulinys užpildomas labai liesu betonu arba smėliu su cemento priemaišu, gerai jį suplūkiant. Jei smarkiai veržiasi iš dugno vanduo, tai daroma riebesnio betono paduška. Jei šuliniai įleidžiami sausumoje, tai užpildyti galima paprastu smėliu. Ant atskirų po pastatu įleistų šulinių įtaisoma bendra konsolinio tipo betono ar gelžbetonio paduška.

Gelžbetoniniai šuliniai yra tuo patogūs, kad jie turi didelį lenkimui atsparumą. Tad jiems, nuleidimo metu, pakrypus, lengviau galima jų padėtį atitaisyti, svarbiausia tai, kad jie gali atlaikyti šonines kirpimo jėgas, dėl to jie gali sudaryti su viršutiniu tilto statiniu ekonomingą rėminę konstrukciją (202 brėž.).

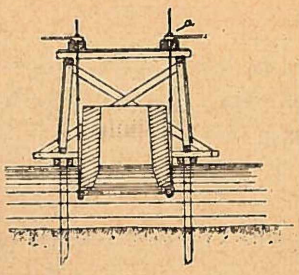


201 brėž.

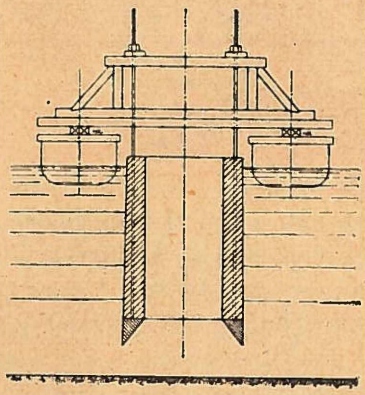


202 brėž.

Šuliniai taip nuleidžiami: 1) *Sausumoje.* Pirma iki grunto vandens lygio iškasamas kotlovanas; paskui dedamas žiedas (peilis), ir pradedama kasti gruntas. Minkštame grunte žemė kasama pirma ties dugno centru, kai kietas gruntas — iš pradžių pasikasa po peiliu, o paskui išima žemę ties viduriu. 2) *Vandenyje.* Kai negilus vanduo, šulinys nuleidžiamas nuo pastolių. Pastoliams įkalami poliai (203 brėž.), gi šulinys pakabinamas ant geležinių strypų, kurie apačioje kabliais užsikabina už peilio. Nuleidžiama atsukant veržeklius *a.* Jei nelabai gilu ir vanduo lėtai teka, tąsyk dirbtinai supilama iš molėto žvyro nedidelė sa-



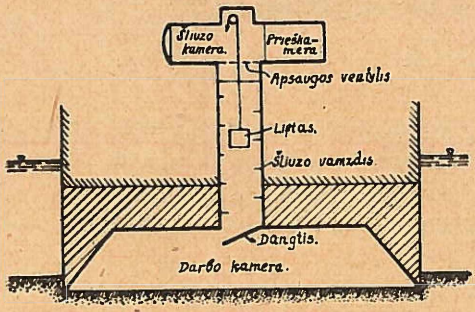
203 brėž.



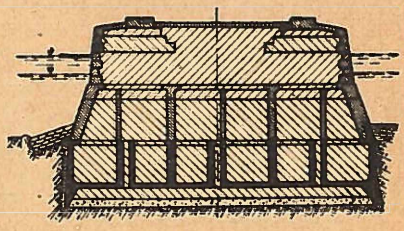
204 brėž.

la taip, kad jos viršus būtų virš vandens horizonto. Įtaisoma aikštelė ir ant jos dedama pamato žiedas, be pastolių. Kur gilus vanduo (> 4 — 5 m) ar smarkus tekėjimas, arba kur nelenda poliai, ten įtaisomi plaukiojamieji pastoliai ant pontonų (204 brėž.). Pagal leidimosi eigą šulinys viršuje išmūrijamas arba išbetonuojamas taip, kad jo galva visada stovėtų vienodame aukšty. Jei šulinys kuriuo šonu daugiau lenda žemėn, tąsyk papildomai apkrauna priešingą šoną. Jei visai sustoja leistis, tada reikia iškasti pasitaikiusią kliūtį, tačiau negalint išsemti vandens — iškasti beveik negalima. Tokie šuliniai vartojami ten, kur tvirtas gruntas guli didesnėje kaip 8 m gilumoje.

Suspausto oro kesonai. Tai yra ypatinga pamatų konstrukcija, kuriai naudojamas suspaustas oras. Kesonas sudėtas iš trijų dalių: darbo kamera, šliuzo vamzdis ir šliuzo kamera (205 brėž.). Svarbiausia kesono dalis — tai darbo kamera. Tai yra



205 brėž.

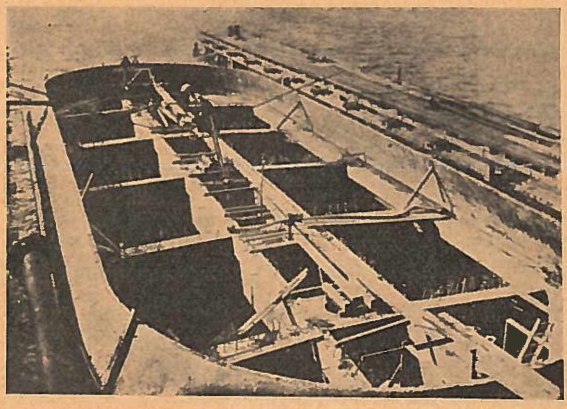


206 brėž.

vandens nepraleidžianti geležinė ar gelžbetoninė dėžė, apversta dugnu aukštyn. Ji sujungta su atmosferos oru vertikalinio vamzdžio pagelba. Šliuzo kamera dalijasi į dvi dalis: pats šliuzas ir prieškamera. Prieškameroje einantieji į darbo kamerą ar išeinantieji iš jos asmenys turi išbūti kurį laiką (pav. jei darbo kameroj 3 atm. spaudimas, tai prieškambaryje reikia išbūti 10 minučių, per kurį laiką spaudimas pakeliamas nuo 0 ligi 3 atm., išeinant — 45 minutes). Per kiekvienus 10 m gilumo, skaitant nuo vandens horizonto oro spaudimas padidėja 1 atmosfera. Didžiausias leidžiamas be didesnio pavojaus sveikatai spaudimas — 4 atm. (3 atm. virš normalaus). Peržengus šią ribą darbininko gyvybei gresia pavojus, tad suspaustu oru galima įrengti pamatus tik iki 30 m žemiau vandens horizonto. Taip giliai nusileidus labai sunku

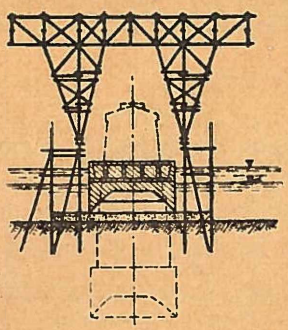
dirbti, nes tegalima dirbti labai neilgai ir daug sugaištama laiko prieškameroje.

Kesonai įtaisomi geležiniai arba gelžbetoniniai. Gelžbetoniniai paskutiniu laiku labiau vartojami. Darbas kesone taip eina:



207 brėž.

pripučiamas kompresoriu oras per šliuzą ir vamzdį patenka į darbo kamerą. Savo spaudimu jis stengiasi išspausti iš kesono vandenį ir tuo momentu, kada jo spaudimas bus lygus išorinio vandens stulpo svoriui, darbo kamera bus sausa. Tuomet darbininkai pasikasa po kesono kraštais (peiliu) ir kibirais paduoda gruntą aukštyn. Taip kasamas esantis po darbo kamera gruntas tol, kol kesonas bus įleistas reikiamon gilumon.



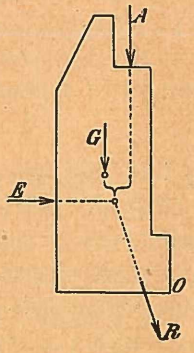
208 brėž.

206 brėž. parodyta gelžbetoninis kesonas 1924 m. Hamburge pastatyto tilto (100 metrų angoms). Jo ilgis 32 m, plotis 12,8 m, aukštis 7 m. Matyti keturi šliuzo vamzdžiai: viduriniai — 85 cm skersmens — darbininkams, kraštutiniai — 81 cm — medžiagai kelti. Tokie kesonai buvo gaminami doke ir atplukdomi vieton (207 brėž.). Jiems nusileidžiant ant jų buvo betonuojamas tauras. Kesonai nuleidžiami tuo pat būdu, kaip ir nuleidžiamieji šuliniai. 208 brėž. parodyta pastolių konstrukcija sunkiam kesonui.

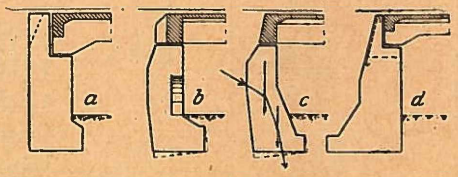
Kesonai taikomi: 1) jei tvirtas gruntas guli labai giliai, 2) jei jame yra labai daug akmenų ir 3) jei jie išeina pigesni už gelžbetoninių polių pamatus ir nuleidžiamuosius šulinius.

64. Tiltų ramtai

Ramtus veikia savasis svoris, kuris nuosakiai didėja į ramto padą, tilto savasis bei paslankusis krūvis ir žemės spaudimas. Kai aukšti ramtai, tąsyk šoninis žemės spaudimas turi didelės reikšmės ramto dydžiams nustatyti. Į ramtų pastovumą veikia ne tik šoninis žemės spaudimas, bet ir atraminė reakcija, (A, 209 brėž.)

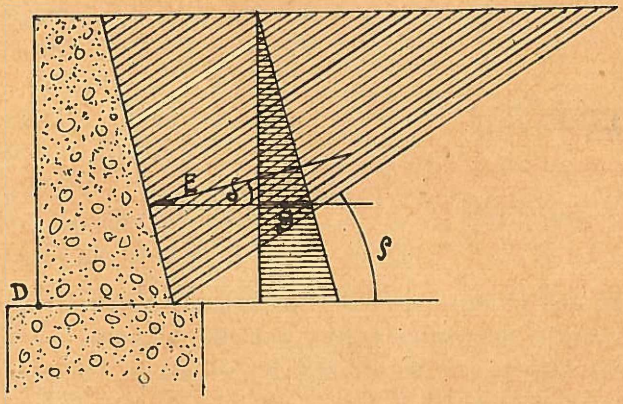


209 brėž.



209 a, b, c, d brėž.

kurią ramtas turi išlaikyti. Jei atraminės reakcijos pridėties taškas turi pakankamą nuo priekinės ramto plokštumos nuotolį, tai

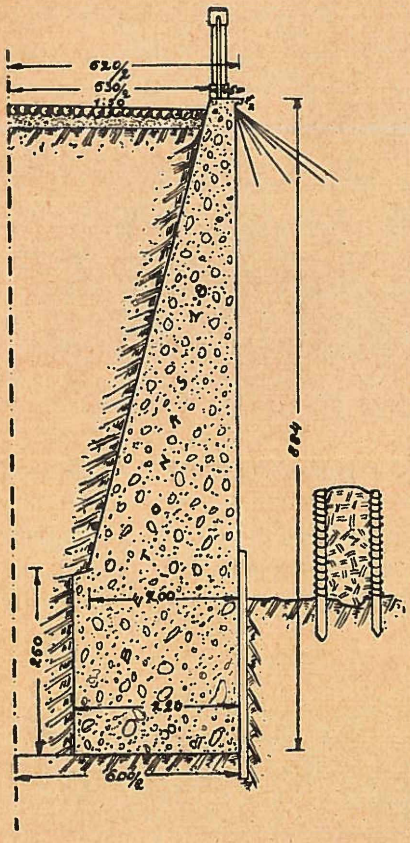


209 e brėž.

tokia reakcija gali net sumažinti spaudimą. Be to, tiesioginiai veikia į pastovumą ir ramto savasis svoris (G, 209 brėž.).

Ramtai dažniausiai statomi plūktojo betono 1:3:6 arba 1:4:8 sudėties. Tokių ramtų pavyzdžiai nurodyti 209 a, b, c ir d brėž.

Priekinė nuolydi ramto plokštuma suteikia didesnį vertimui atsparumą. Tačiau, jei nuožulnumas prasideda aukštai (209 c brėž.), tai padidėja tilto anga. Sienos viršaus plotis pareina ne tik nuo aukščio, bet ir nuo poferminės plokštės konstrukcijos. Atraminis spaudimas perduodamas atramine plokštuma į ramtą. Ramto poferminė plokštė gali būti padaryta iš granito, gelžbetonio arba net stipresnės betono sudėties.



210 a brėž.

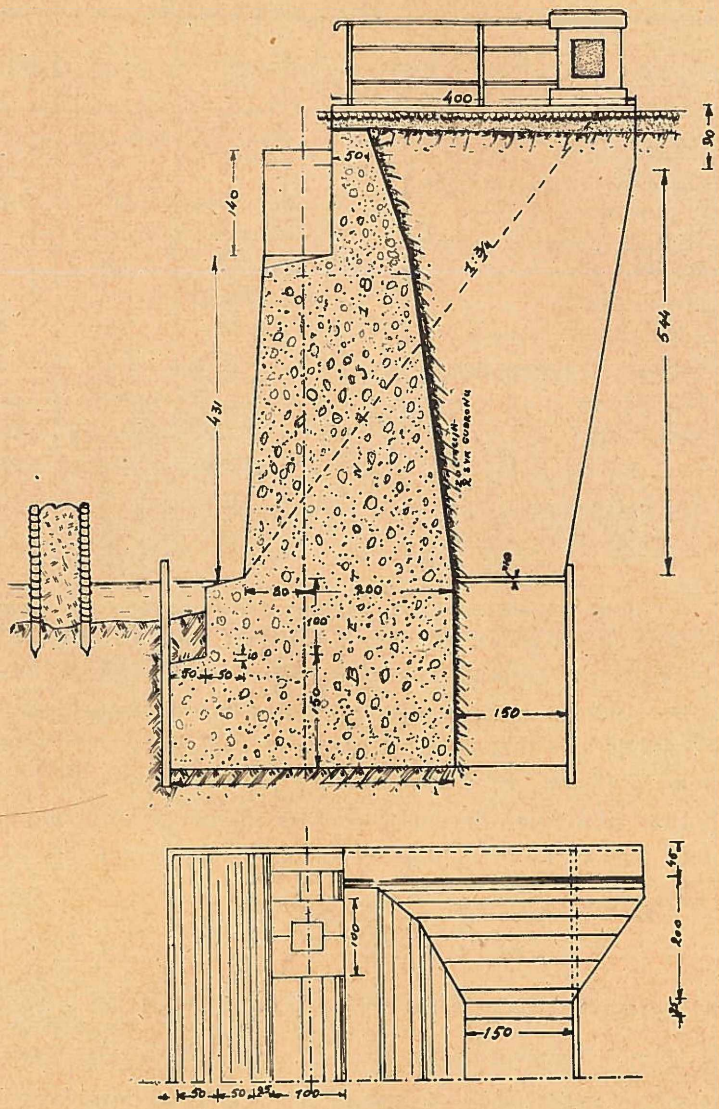
Statant arkinių tiltų be šarnyrų ramtus, reikia labai stropiai ir tiksliai atlikti darbą, nes ir mažiausias ramto nusėdimas kenksmingai veikia į tiltą. Tad neleidžiama, kad ramtas turėtų kokių nors vietoje pasislinkimų.

Arkinių tiltų ramtų dydžiai daugiausia pareina nuo skėtimo jėgos, o bešarnyrinių arkų ramtų — dar nuo įtvirtinimo momentų arkų paduose. Arkinių tiltų pado plokštuma turi būti, kiek galima, statmena spaudimo linijai. Patariama sustiprinti armatūrą ir pamato padą. 210 b ir a brėž. parodytas balkinio Pagramančio tilto ramto ir jo sparno pavyzdys.

Bent kiek ramtui pasislinkus ar pasisukus link taško D (209e brėž.), žemės spaudimas tampa aktyvus, vadinasi, pradeda judėti esama tarp užpakalinio ramto paviršiaus ir natūralaus grunto šlaito žemės prizmė.

Žemės spaudimas būna aktyvus ir pasyvus. Aktyvus žemės spaudimas stengiasi išjudinti iš vietos sienelę ir ją apversti, tuo

tarpu pasyvus grunto spaudimas priešinasi pasislinkimui, pav. skliauto išsiskėtimui.



10 b brėž.

Atraminėms sienelėms apskaičiuoti imamas tik aktyvus žemės spaudimas. Natūralus šlaito kampas ρ pareina nuo grunto rūšies; jis = 30 — 40°.

22 lentelė.

Vidutiniai natūralaus šlaito kampo dydžiai.

Grunto rūšis	Svoris γ_e t/m³	ρ	tg ρ	$tg^2\left(45-\frac{\rho}{2}\right)$
1. Piltinis gruntas	1,4	35°—40°	0,7—0,84	0,27—0,22
2. Natūralaus drėgnumo piltinis gruntas	1,6	45°	1	0,17
3. Vandens primirkęs piltinis gruntas	1,8	27°	0,51	0,38
4. Sausas gruntas	1,58—1,65	30°—35°	0,58—0,70	0,33—0,27
5. Natūralaus drėgnumo smėlis	1,8	40°	0,84	0,22
6. Vandens primirkęs smėlis .	2,0	25°	0,47	0.40
7. Sausas molis	1,5	40°—45°	0,84—1	0,22—0,17
8. Šlapias molis	1,9	20°—25°	0,36—0,47	0,49—0,40
9. Sausas žvyras	1,8—1,85	35°—40°	0,7—0,84	0,27—0,22
10. Šlapias žvyras	1,86	25°	0,47	0,40
11. Žvirgždas	1,8	40°	0,8	0,25

Kampas δ pareina nuo esamos tarp sienelės paviršiaus ir grunto trinties dydžio; jis esti 0, kai visai lygus sienelės paviršius ir $\delta = \rho$, kai nelygus šiurkštus sienelės paviršius.

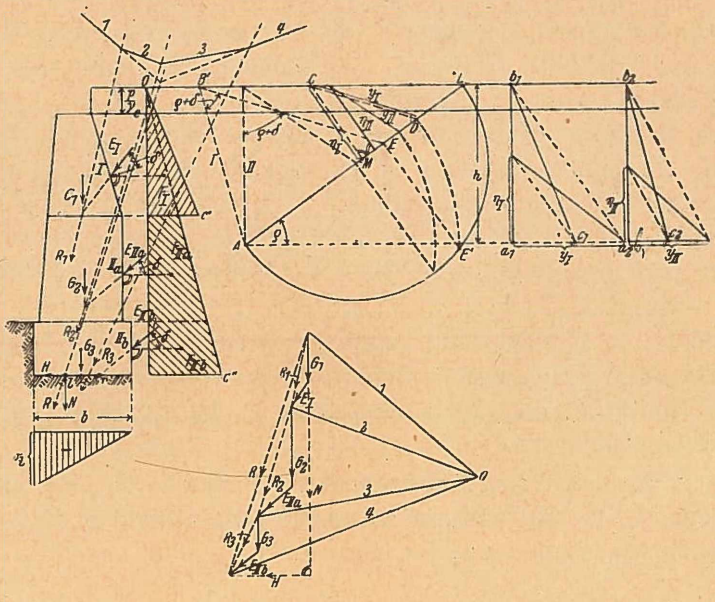
Per didelis dydis δ nenaudingas sienelės pastovumui, vadinasi, duoda per mažas išmieras. Per mažas dydis δ padidina sienelės dydžius. Apskritai, kampas δ imamas nuo ½ ligi ¾ ρ

Prie tilto ramto žemės paviršius laikomas horizontalus, tad galima apskaičiuotoi šoninį žemės spaudimą pagal šią formulę:

$$E = \gamma_e \cdot \frac{h^2}{2} \cdot tg^2 \frac{90-\rho}{2} .$$

Kai apyšlapis žvyras, smėlis arba molis, tąsyk $tg^2 \frac{90-\rho}{2} = 0{,}25$, tada formulė suprastinama: $E = \frac{1}{8} \cdot \gamma_e \cdot h^2$. Vadinasi, žemės spaudimas pasiskirsto stačiu trikampiu aukščio h ir baze $\frac{1}{4}h$ ir veikia statmenai ramto užpakalinei sienelei. Jis pridėtas taške, kurio aukštis $= \frac{1}{3} h$. Šitoks būdas pilnai tinka apskaičiuoti mažų tiltų ramtams, bet didelių tiltų ramtus reikia apskaičiuoti nustatytu grafišku būdu. Pavyzdys duotas 211 brėž. Sakysim reikia nustatyti spaudimą į ramto paviršių su laužyta užpakaline sienele I—II.

Žemės paviršius horizontalus, paslankus apkrovimas p kg/m² redukuojamas spaudimu žemės sluoksnio aukščio $h = \frac{P}{\gamma_e}$, kur γ_e — lyginamasis grunto svoris. Kadangi žemės spaudimas didėja žemyn pagal tiesiąją, tai diagramai ($\triangle$ALE') braižyti spaudimo aukštis h gali būti paimtas bet kuris. Tuo būdu pasirinktu patogiai braižyti atstu h nuo horizontalės OCL linijos išvedame jai lygiagretę. Nuo taško A vedama linija AL natūralaus šlaito kampu ρ su horizontu ir linija A—B' lygiagrečiai sienelei; nuo taško



211 brėž.

B' kampu $\rho+\delta$ linija B'—E ir toliau statmenai linijai AL iš taško E ligi persikirtimo su pusiau apskritimu, nuskriestų iš vidurinio linijos AL taško, kaip iš centro. Radijusu AE' užkertamas taškas D ant linijos AL. Iš taško D vedama lygiagretė linijai B'E ligi taško C, iš C nuleidžiamas statmuo CM į AL. Turime: $CD = y_I$ ir $CM = \gamma_{II}$. Tada žemės spaudimas į I plokštumą, kurios vertikalė projekcija yra h, lygsta $E_1 = \frac{1}{2}\gamma_e y_I \gamma_{II}$.

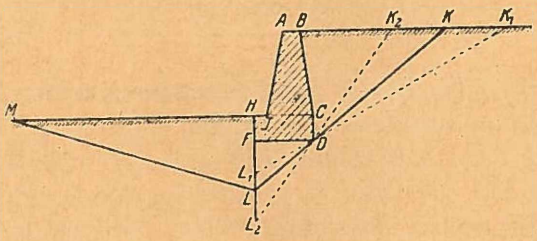
Atitinkamai apskaičiuojamas žemės spaudimas ir į II plokštumą E_{IIa} ir E_{IIb}. Šitas spaudimas dabar reikia išreikšti trikam-

piu, kurio aukštis = h, plotu. Taip pat ir spaudimas į II plokštumą grafiškai apskaičiuojamas pirmiausia aukščiui h.

Grunto spaudimo trikampiai $a_1 b_1 c_1$ ir $a_2 b_2 c_2$ taip konstruojami: atidėję horizontaliai y_I ir vertikaliai η_I sujungiame b_1 su y_1 galu b_1, paskui nutiesę iš η_I atkarpos viršutinio galo liniją, lygiagretę linijai $b_1 - b_1$ gauname žemės spaudimo trikampį $a_1 b_1 c_1$. Taip pat gauname ir $a_2 b_2 c_2$.

Dabar iš bet kurio redukuotos linijos OCL taško O išvedame $OC' \parallel b_1 c_1$ ir $OC'' \parallel b_2 c_2$; tąsyk tenkąs į I plokštumą spaudimas esti $E_I = F_1 \gamma_e$, kur F_I yra atitinkamas I plokštumai užbraukytos trapecijos plotas. Į II_a plokštumą spaudimas $E_{IIa} = F_{IIa} \cdot \gamma_e$, į II_b — $E_{IIb} = F_{IIb} \gamma_e$. Jei dabar surasti atitinkamų trapecijų svorio centrus ir jų vertikales projekcijas į I, II_a ir II_b plokštumas, tai tuose taškuose ir bus pridėti atitinkami žemės spaudimai. Jie sudaro kampą ρ su normalėmis atitinkamoms plokštumoms. Paskui, grafišku būdu E_I ir G_I pakeičia jų atstojamąją R_1, E_{IIa} ir G_2 — atstojamaja R_2, ir E_{IIb} ir G_3 — atstojamaja R_3. Išbrėžę jėgų poligoną 1—2—3—4 su polium bet kuriame taške O ir virvinį daugiakampį 1—2—3—4 (brėžinio viršuje), per spindulių 1 ir 4 persikirtimo tašką išvedame liniją, kuri būtų lygiagretė linijai R (iš jėgų poligono). Ji kerta pamato padą taške l. Čia ir bus pridėta visų jėgų atstojamoji R, kurios dydis nustatomas iš jėgų poligono.

Jėga R suskirstoma į horizontalę H ir normalę N. Horinzontalė jėga H turi būti mažesnė už esamą tarp pamato pado ir žemės trinimosi, o nuo normalės jėgos tenkąs gruntui spaudimo dy-



212 brėž.

dis pareina nuo jos padėties link branduolio. Trinties dydis pareina nuo normalės jėgos $T = \mu N$, kur μ — trinties koeficientas.

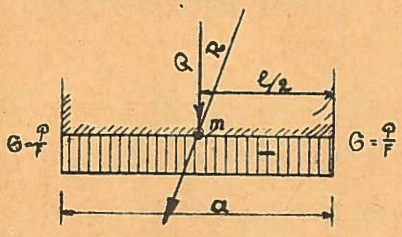
22 a lentelėje nurodyti trinties koeficiento dydžiai.

22 lentelė.

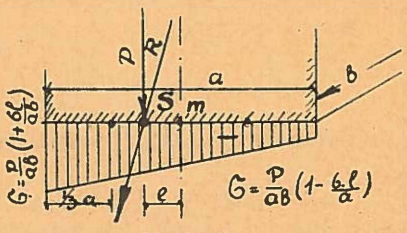
Grunto rūšis	Trinties koeficientas μ tarp grunto ir		Pastaba
	lygaus mūro	nelygaus mūro	
Dumblas	0,05	0,1	Tiltų pamatams pataria ma imti tik $^2/_3$ čia nurodytų.
Juodžemis	0,1	0,2	
Šlapias molis ar šlynas	0,2	0,3	
Sausas smėlis	0,6	0,7	
Šlapias smėlis	0,3	0,5	
Žvyras	0,4	0,5	

Jei trinties jėga permaža, tai pamatas gali pradėti slinkti. Slinkimo linijų tekmę galima matyti iš 212 brėž.

Stačiakampių piūvių branduolys laikomas ⅓ pado pločio ribose, tad reikia daboti, kad spaudimo linija neišeitų iš branduolio, nes tada gaunami tempiamieji įtempimai; nearmiruotas plytų mūras arba paprastas betonas jų neišlaiko.



213 brėž.



214 brėž.

Galimi tokie atsitikimai:

1. Atstojamoji pereina per piūvio centrą, tada spaudimo grafikas bus keturkampis (213 brėž.):

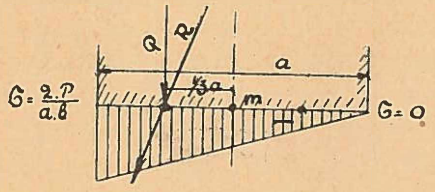
$$\delta = \frac{P}{F}.$$

2. Atstojamoji veikia branduolyje, e yra ekscentricitetas, tada spaudimo grafikas bus trapecija (214 brėž.).

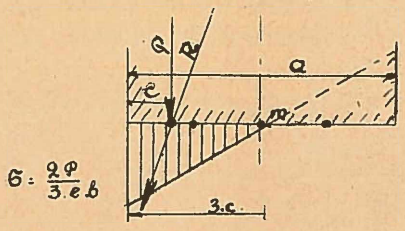
$$\delta = \frac{P}{a.b}\left(1 \pm \frac{6.e}{a}\right).$$

3. Atstojamoji veikia ties branduolio riba, tada spaudimo grafikas bus trikampis (215 brėž.).

$$\sigma = \frac{2P}{a.b}.$$



215 brėž.



216 brėž.

4. Atstojamoji išeina iš branduolio, tada laikoma, kad veikia tik spaudžiamoji piūvio dalis. Jei atstumas atstojamosios nuo krašto = c, tai spaudimas pasisklaido ant 3 c ilgio, tada (216 brėž.):

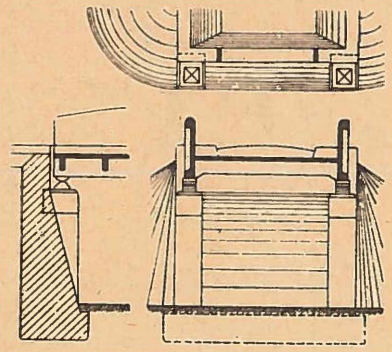
$$\sigma = \frac{2P}{3.c.b}.$$

Ramtų sparnai. Sparnai esti dviejų rūšių:

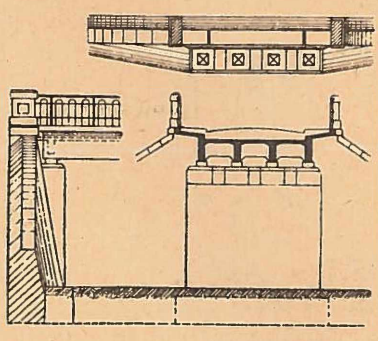
a) lygiagretūs (ramtai su vadinamomis atvirkščiomis sienelėmis, žiūr. 217 brėž., kur parodytas tiltas su apatiniu važiavimu). Jie vedami lygiagrečiai važiuojamajai daliai ir turėkliai tiesiami per visą sparnų ilgį. Apskaičiuojami tokiu pat būdu, kokiu ir ramtai.

b) šlaitiniai (įžulnūs, ramtai su šlaito sparnais, 218 brėž.). Jie gali būti įvairaus nuolaidumo ir formos. Tokie sparnai palengvina pereiti iš siauro tilto į platesnius privažiuojamus kelius.

Kad galima būtų pastatyti trumpesnius ir pigesnius sparnus, pylimų kūgiai pereina nuo 1:1,5 į 1:1; tąsyk kūgiai išgrindžiami akmenimis (219 brėž.).

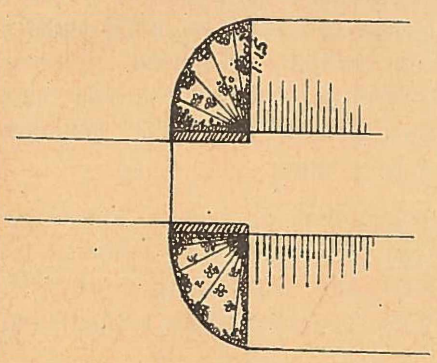


217 brėž.

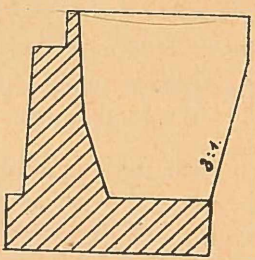


218 brėž.

Kad išeitų mažesnis sparnų pamatas, sparnai užpakaly išvedami ne stačiai, bet su nuolaidumu; nuosvyros statumas neturi būti



219 brėž.

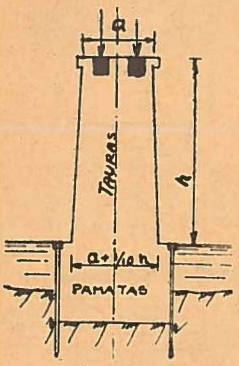


220 brėž.

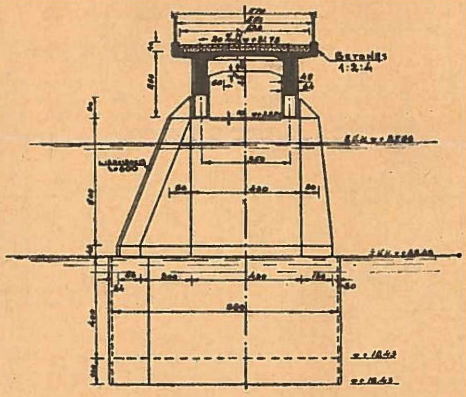
mažesnis kaip 3:1 (220 brėž.). Kai dedama armatūra, tąsyk statumas gali būti žymiai mažesnis.

65. Taurai ir lytlaužos

Tauro konturui plane, bent ligi aukštojo vandens horizonto, reikia stengtis duoti tokią formą, kuri mažiausiai siaurintų upės vagą, mažiausiai vanduo plautų dugną.



221 brėž.



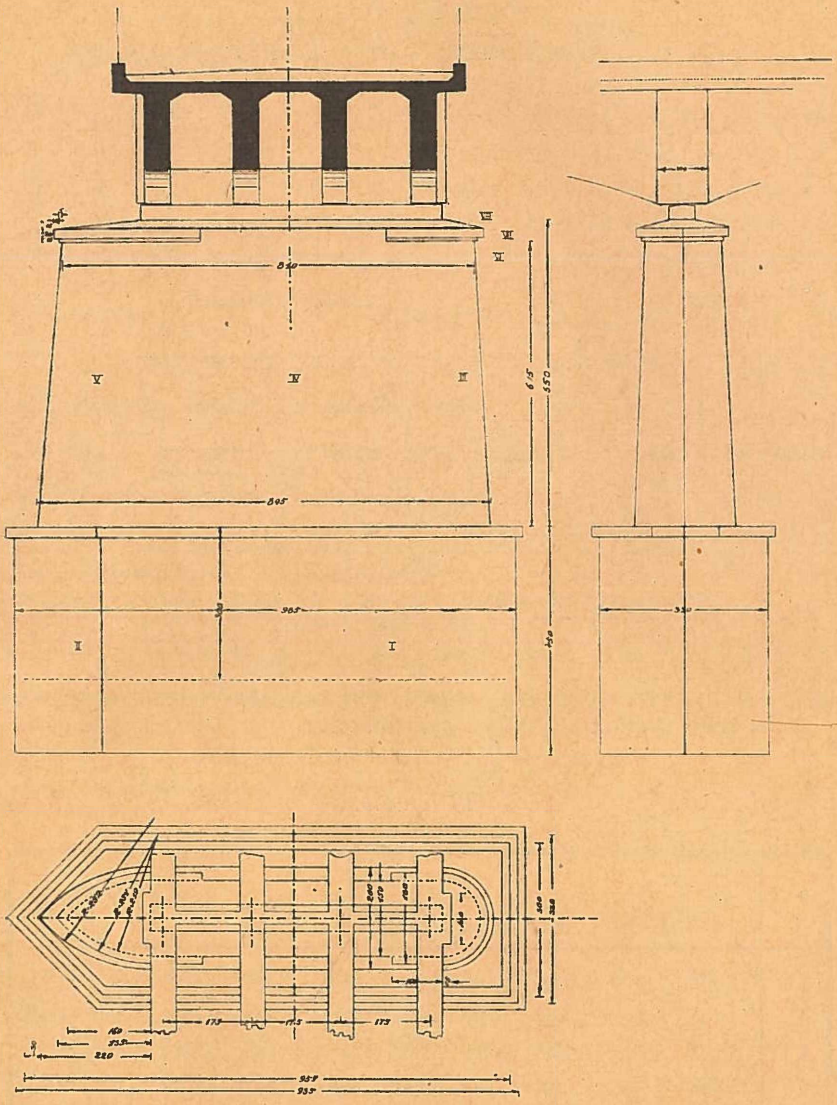
222 brėž.

Tauras dalinamas: ligi žemiausio vandens horizonto — tauro pamatas, aukščiau vandens horizonto — pats tauras. Taurams, kaip ir ramtams, pigiausia medžiaga esti 1:3:6 — 1:4:8 sudėties betonas. Tauro viršaus plotis turi atitikti, mažiausiai, atraminėmis dalimis užimamą plotą. Apatinė tauro dalis daroma apie $^1/_{10}$ aukščio platesnė už viršutinę (221 brėž.). Kartais duodamas ir 1:20 nuolaidumas, kai labai aukšti taurai.

Kai norima gauti tokį pat spaudimą po taurais, koksai yra po ramtais, tada reikia atitinkmai praplatinti tauro pamatą. Apskaičiuojant taurus, reikia laikyti, kad yra apsloginta tik viena tilto pusė, tada tauro pade gaunamas ekscentriškas apsloginimas.

Tiltams per upes ir upelius, kur smarkiai eina ledai, prie taurų prijungiamos lytlaužos. Jų matavimai ir ledpeilio nuolydis nustatomas, žiūrint vandens tekėjimo ir ledų ėjimo smarkumo. Lytlaužos gali būti apvalios, trikampio arba kombinuotos formos. Kai aukštos kainos tiltai, lytlaužos aptaisomos tašytais akmenimis, o kai paprasti, tąsyk ant jų briaunų dedami geležiniai kertuočiai, dažniausiai ⌊ 100 . 100 . 12. Ledpeilis daromas 2:1 ligi 0 nuolailumo. Tiltams per mažus upelius paprastai, lytlaužų ne-

statoma. 222 brėž. parodytos Slabadų tilto per Šešupę lytlaužos, o 223 brėž. — Strėvos tilto.

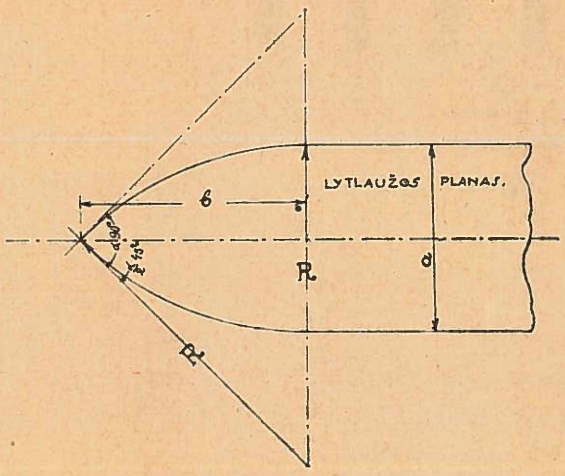


223 brėž.

Geresniam pasipriešinimui ledų lytims, lytlaužų briaunoms stengiamasi duoti statų kampą, arti 90°. Kai lytlaužos forma plane, vadinasi, horizontalėje projekcijoje, yra kreiva, o tarp

liečiamųjų turi būti kampas $\alpha = 90^0$ (223 a brėž.), lytlaužos storumas a yra duotas, tąsyk lanko radijusas bus:

$$R = \frac{1}{0{,}2929} \times 2 = 1{,}70705 .$$



223 a brėž.

R dydį galima surasti iš šios lentelės:

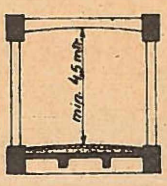
23 lentelė.

a m +	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	1,707	1,878	2,048	2,219	2,390	2,561	2,731	2,902	3,073	3,243
2	3,414	3,585	3,756	3,926	4,097	4,268	4,438	4,609	4,780	4,950
3	5,121	5,292	5,463	5,633	5 803	5,973	6,145	6,316	6,487	6,657
4	6,828	6,999	7,170	7,340	7,511	7,682	7,852	8,023	8,194	8,365
5	8 535	8,706	8,877	9,047	9,218	9,389	9,559	9,730	9,901	10,072
6	10,242	10,413	10,584	10,754	10·925	11,096	11,267	11,437	11,608	11,779
7	11,949	12.120	12.291	12,461	12,632	12,803	12,973	13,144	13,314	13,486
8	13,656	13,827	13,998	14,169	14,339	14,510	14,681	14,851	15,022	15,193
9	15,363	15,534	15,705	15,876	16,046	16,217	16,388	16,558	16,729	16,900

VI. Tiltų pagrindiniai elementai ir projektavimo sąlygos.

66. Tilto gabaritas.

Tiltas turi turėti ne mažiau kaip 4,5 m aukščio nuo važiuojamosios dalies paviršiaus, šviesoje (224 brėž.). Laivams pro tiltą praplaukti gabaritas nustatomas, žiūrint upės laivininkystės, pav. Nemune reikia apie 10 m nuo žemiausio vandens horizonto, Nevėžyje — 8 m.



224 brėž.

Tilto plotis.

Mūsų krašte tiltų plotis beveik atitinka vokiečių normas. Visi matavimai imami šviesangio, būtent:

1. | 3,70 | II-os rūšies vieškelių, kur tik pervežamos mažos ūkio mašinos, tiltams,
2. | 4,70 | irgi II-os rūšies vieškelių, bet kur pervežamos didelės ūkio mašinos, tiltams,
3. | 5,50 | I-os rūšies vieškelių tiltams,
4. | 1,0 | 5,20 | 1,0 | tokių pat, kaip 3 p. vieškelių, bet tik su šaligatviais, tiltams; tokio pločio tiltai tinka ir mažuose miestuose.
5. | 6,50 | plentų tiltams.

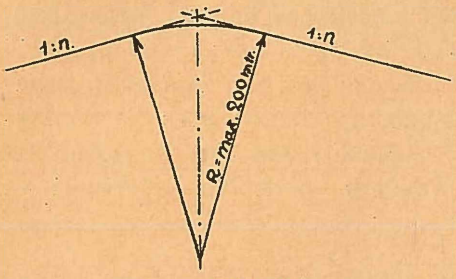
Miestuose tiltų plotis, dažniausiai, pareina nuo privažiuojamųjų kelių pločio.

67. Išilginiai ir skersiniai nuolydžiai

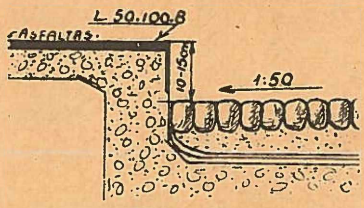
Kad greičiau nutekėtų išilgai tilto vanduo, reikia, kiek galima, nuolydžiau įtaisyti tilto važiuojamąją dalį, tačiau reikia imti tokį nuolydį, kad jis nepasunkintų pėstiems ir važiuotiems keliauti. Reikia žiūrėti, kad tilto išilginis nuolydis turėtų mažiausiai 0,5 — 1% (1:200 — 1:100), tačiau iš kitos pusės, kad būtų patogiau važiuoti, negalima imti didesnį nuolydį kaip:

Asfaltinėms grindims	1,5% (1:70)
Medinėms, tašytų akmenų grindims . .	2,5% (1:40)
Skaldos žievės ir laukakmenio grindims .	5% (1:20)

Horizontaliems tiltams arba tiltams, kurių privažiavimai pakilūs, patariama išilginį nuolydį imti, pradedant nuo ramtų ir eiti ligi tilto vidurio. Tačiau, kur yra didesnis nuolydis, ten reikia



225 brėž.



226 brėž.

tilto viduryje persilaužimo kampą išlyginti kreivąja, dažniausiai 100 — 200 m radijuso (225 brėž.).

Paprastai imamas toks skersinis nuolydis:

Laukakmenių grindims	4 —5,5%
Skaldos žievės grindims	2,5 —4 %
Asfalto grindims	1,25—2,0%

Šaligatviai turi būti nuolydūs į tilto vidurį, bet ne į lauko pusę; tuo išvengiama tilto šonų užteršimo. Šaligatviams nuolydis imamas nuo 1 ligi 2%. Šaligatviai nuo važiuojamosios dalies atskiriami betoniniais ar akmeniniais bordiurais; bordiurų briaunos statomos ne aukštesnės kaip 15 cm nuo važiuojamosios dalies paviršiaus.

68. Važiuojamoji dalis

Projektuojant tiltus patariama neimti labai pigios medžiagos važiuojamajai daliai, nes vėliau brangiai kaštuoja tiltas išlaikyti. Tad, pavyzdžiui, tiltų važiuojamoji dalis išgrindžiama ir ten, kur privažiuojamieji keliai negrįsti.

Gelžbetoniniams tiltams, kurių paviršius, palyginti su kelių pamatu, gana kietas, galima duoti plonesnį apdarą. Tačiau, kad tiltas ilgiau laikytų, didesnį krūvį pakeltų, geriau pasklaidytų ratų svorį, atsispirtų oro ir temperatūros veikimui, patariama tilto paviršių nepadengti ploniau kaip reikalaujama, antra vertus, negalima labai storai padengti, nes tatai žymiai padidina savąjį tilto svorį ir pabrangina konstrukciją.

Skaldos žievė plentų tiltams plačiai taikoma, nes ją patogu remontuoti ir laikyti (taip pat, kaip ir plento), ir gerai paskirstomas važiuojamosios dalies plokštei slėgimas. Svoris didelis, nustatomas formule $g_o = 19 - 20\ d\ kg/m^2$. Čia d — žievės storis cm.

Ji daroma mažiausiai 15 cm storumo, normaliai ties kraštais 12—15 cm. Ji klojama ant stambaus smėlio 3—5 cm storumo sluoksnio.

Laukakmenių grindinys daromas iš 15—18 cm aukščio akmenų. Akmenys statomi ant 8—10 cm storumo smėlio sluoksnio.

Tašytų akmenų grindinys daromas iš pailgos paralelepipedo formos akmenų 15—25 cm ilgio, 10—20 cm pločio ir 10—16 cm aukščio. Vartojamas miesto tiltams su sunkiu krovinių eismu. Klojamas ant 5—6 cm storumo smėlio sluoksnio, užliejant rieves cemento skiediniu. Patariama vartoti ne aukštesnius kaip 13 cm akmens tašelius.

Mozaikos grindinys (Kleinpflaster) klojamas iš mažų 8—10 cm aukščio, 6—8 cm pločio ir 10 cm ilgio akmenų, padėtų ant 3 cm storumo molėto smėlio (iki 30% molio) sluoksnio. Gali būti klojamas dar kitokiu būdu: ant betoninės plokštės išpilamas 3 cm storumo sausas mišinys iš 2—3 dalių smėlio ir 1 dalies cemento, ant jo dedami lankais su ¾ cm platumo rievėmis akmenys, plūkiami ir gausiai palaistomi vandeniu. Tąsyk cemento skiedinys gerai suriša akmenis. Paskui rievės užliejamos bitumu arba cemento 1:1 skiediniu. Šitokia konstrukcija atskiros izoliacijos nėra reikalinga. Tašyto akmens grindinio svoris nustatomas formule $g_o = 25\ d + d_1\ kg/m^2$. Čia d — tašelių storumas, d_1 — smėlio sluoksnio storumas.

Medžio kaladėlių grindinys per pusę lengvesnis už akmens grindinį, elastiškas (nesukelia bildesio) bet gana greit pasidaro nelygus ir dažnai tenka taisyti. Jis klojamas iš 10 — 15 cm (dažniausiai 13 cm) aukščio, 8—10 cm pločio ir 20—25 cm ilgio pušinių kaladėlių. Kaladėlės esti išmirkytos kreozote ar dervoje Jos klojamos ant betoninės 6—15 cm storumo plokštės. Pastaroji padengiama izoliacija (gudronu), išglaistoma 2—3 cm storumo cemento 1:1 skiedinio tinku ir padengiama 3 — 5 cm storumo smėlio sluoksniu.

Tarp kaladėlių paliekamos 3—6 mm rievės, kurios užliejamos cemento skiediniu arba bitumu. Grindinio svoris nustatomas formule $g_o = 10\ d\ kg/m^2$.

Plūktojo asfalto grindinys yra elastiškas visai vandens nepraleidžiąs apdaras (izoliacija nereikalinga), klojamas 5 cm storumo sluoksniu ant betoninės plokštės.

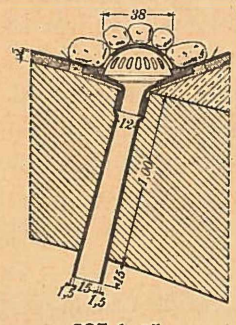
Svoris nustatomas formule $g_0 = 15$ d kg/m².

Asfaltbetonas (arba asfaltmakadamas) klojamas 6—10 cm storumo sluoksniu ant betono plokštės. Svoris nustatomas formule $g_0 = 20$ d kg/m².

Šaligatviai dengiami 2 — 3 cm lietojo asfalto sluoksniu ant 6—10 cm storumo betoninės plokštės arba 2 cm storumo cemento skiediniu, kuris klojamas ant padengtos izoliacija betoninės plokštės.

69. Tilto paviršiaus nusausinimas ir izoliacija

Didžiausias betoninių tiltų priešas yra vanduo. Tiltams, kuriems labai svarbu sulaikyti atmosferinių kritulių vandenį nuo visų svarbiausiųjų dalių, reikia rūpintis kuo skubiau nuleisti vandenį nuo tilto paviršiaus. Tad gelžbetoninei plokštei būtinai reikia duoti išilginius ir skersinius nuolaidumus; dideliems tiltams be tokių nuolaidumų dar įtaisomos tam tikros skylės arba vamzdžiai, kad vanduo galėtų išbėgti laukan (227 brėž.).



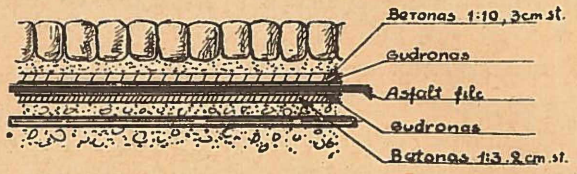
227 brėž.

Be nurodytų tiltui nusausinti priemonių pati gelžbetoninė konstrukcija dar apsaugojama vadinama izoliacija, nes kitaip, vienas betonas praleidžia vandenį; betono laidumas pareina nuo cemento kiekio.

Geriausiai apsaugo betonines dalis nuo vandens uždėtas ant jų cemento 1:3 sudėties 2—3 cm storumo tinkas. Tokia izoliacija duoda gerą apsaugą, tačiau ji turi tą trūkumą, kad riebus cemento skiedinys, kietėdamas ore, skečiasi ir suplyšta. Tad tokį tinką reikia padengti elestiška medžiaga. Visų labiau tinka izoliacijai asfaltas, bet jis perbrangus.

Pigiausia ir paprasčiausia izoliacija — tai du syk nutepti karštu gudronu. Gera ir patariama vartoti izoliacija asfalto vailokas (asfalt-filc), vadinasi, asfalte mirkytas vailokas, 2,5—4 mm storumo.

Tolis ne visai tinka, nes jis lengvai lužta. Visas izoliacijas visada reikia padengti 2—3 cm storumo 1:8 ar 1:12 betono sudėties sluoksniu, kad apsaugojus jas nuo mechaniškų sugadinimų.



228 brėž.

228 brėž. duotas geros izoliacijos pavyzdys.

70. Temperatūros veikimas ir temperatūriniai tarpai

Tiltams kenkia ne vienas tik vanduo, bet ir temperatūros svyravimai. Tiltas gali įkaisti nuo saulės spindulių, o ataušti vandeniui išgaravus ir orui atvėsus. Dieną karštis ir naktį vėsus oras ne tiek kenksmingai veikia, kiek žiemą šalčiai; pastarieji kartais, padaro žymių plyšių.

Betonas ir geležis vienodai skečiasi; koeficientas α lygsta $=$ 0,00001, vadinasi, 1,0 m ilgio strypai, prie $\pm$ 1°C temperatūros, pailgėja arba sutrumpėja 0,00001 m. Pavyzdžiui, tiltas 40 m ilgio, temperatūros skirtumas $+30°$C, tąsyk tilto pailgėjimas lygsta $1 = 0{,}00001 \cdot 40 \cdot 30 = 0{,}012 = 12$ mm.

Paimsim bet kurio ilgio betoninę siją, kuri galais remiasi į nejudomas atramas. Tegu jos temperatūra padidėja 1° C. Tąsyk, išsiskėtęs betono balkis įsispiria į sienas. Susilietimo plokštumoje spaudimas einant Huko dėsniu bus:

$$\sigma_t = \alpha_t E = \frac{1}{100\,000} \cdot 140\,000 = 1{,}4 \text{ kg/cm}^2.$$

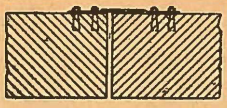
Jei laikyti, kad betonuojama esant $+10°$ C ir temperatūra per metus svyruoja tarp $-20°$ C (žiema) ir $+40°$ C. (vasara), tai skirtumas, palyginti su vidutine temperatūra, siekia $\pm$ 30° C. Tąsyk betono balky temperatūros svyravimai galėtų iššaukti, pagal šią skaičiuotę, didžiausius gniužimo ir tempimo įtempimus $\sigma_b = \pm$ 42 kg/cm². Jokia atrama negalėtų tokiai jėgai atsispirti ir turėtų pasislinkti. Tačiau tikrenybėje skėtrumo jėga del mažo betono ši-

limos laidumo ir nevienodo įvairių dalių įšilimo (pav. uždengtos nuo saulės spindulių sijos) yra žymiai mažesnė.

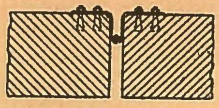
Taip pat betonas, džiudamas, susitraukia. Susitraukimo įtaka betonui prilyginama temperatūros kritimui 15°C. Tad subetonavus , betonas turi būti kurį laiką suvilginamas. Kad neatsirastų nuo temperatūros svyravimų ir džiuvimo plyšių, betonui turi būti duota galimybė skėstis. Tam tikslui betoninė konstrukcija perskiriama temperatūriniais tarpais į atskiras sekcijas. Amerikoje ilgesni kaip 30 m betono pastatai perskiriami tarpais per 7,5 m, vokiečių praktikos nustatyta — 10 m. Gelžbetoninėms konstrukcijoms patariama daryti tarpus per 20 — 40 m. Didžiausia neperskirta tarpais gelžbetoninė konstrukcija 50 — 90 m ilgio pasitaiko nekarpytų sijų tiltuose. Šitas dydis, žinoma, priklauso nuo klimato. Pajūrio šalims jis mažesnis, negu kontinentalio klimato kraštams.

Temperatūrinių tarpų vietos priklauso nuo statiškos konstrukcijos formos. Paprastai šitie tarpai įtaisomi ten, kur gali, tikriausiai, pasirodyti plyšiai; pav. dalyse, kurios gauna skirtingų deformacijų.

Ilgesni kaip 20 m ilgio vamzdžiai ir daudos turi būti padalijami į atskiras sekcijas. Ypatingai dažnai pastebimi plyšiai piūvy a — a (229 a brėž.), kurie ten atsiranda dėl nevienodo apkrovimo ir nevienodo daudos sparnų ir pryšakio įšilimo.



229 brėž.



230 brėž.

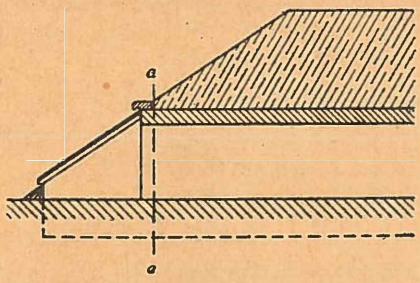
Šitie tarpai, prie kurių priskaitomi tarpai skirią konstrukcijos galus nuo atramų, turi būti ypatingai gerai uždengti; kad nepatektų oro vanduo, į juos įdedami smaluoti virvagaliai (230 brėž.)

Labai svarbu nustatyti temperatūrinius tarpus ir ištisiems gelžbetoniniems turėkliams.

Visus tilto atraminių dalių tarpus reikia labai atidžiai ir tinkamai izoliuoti. Izoliacija taip padaroma: uždedama cinkuotos ar-

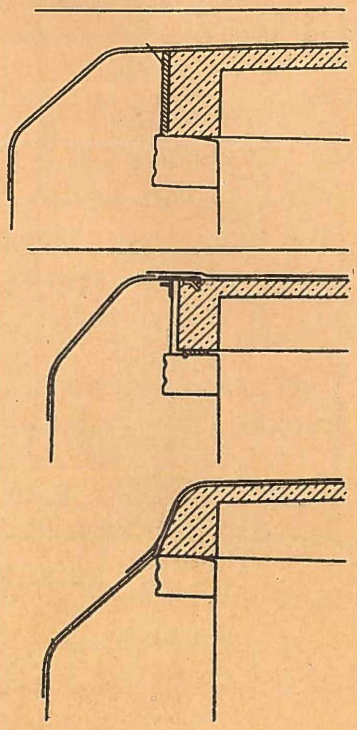
ba geležinės skardos lapai vienas ant kito (229 brėž.) arba sulenkiami kilpos pavidalo, dedant kilpoje išdervuotą virvagalį (230 brėž.).

Mažų tiltų perdengimo galuose, dažniausiai įdedama išmirkyta minkšto medžio lenta ir per ją vedama izoliacija iš dvilinko



229 a brėž.

asfalt - filco (231 brėž.). Kur dideli temperatūriniai tarpai, pav. balkių su plieninėmis atraminėmis dalimis, ten įtaisoma 10—20 mm storumo šliaužiojanti geležinė plokštė (232 brėž.). Ji pritvirtinta prie tilto išilginės sijos ir kitu galu guli ant įleisto į betoną kertuočio (232 brėž.). Paprasčiau padaryti izoliaciją pagal nurodytą 233 brėž. konstukciją iš asfalt - filco.



231, 232 ir 233 brėž.

71. Statiško skaičiavimo sudėtis, tvarka ir duomenys

Statiško skaičiavimo tikslas — duoti skaičiuotės pagrindą, kuriuo pasiremiant galima būtų nustatyti reikalingus konstrukcijos dydžius, kai yra duotas apkrovimas. Apskaičiuojant reikia laikytis šios tvarkos:

1. Trumpas tilto ir esamų apystovų aprašymas, tilto sistemos parinkimas ir angų skaičiavimas.

2. Svarbesniųjų tilto dydžių nustatymas.

3. Skaičiavimo pamatas: a) savasis tilto svoris, b) paslankusis krūvis, c) kiti krūviai, d) leidžiamieji įtempimai.

4. Plokštės, balkių ar skliautų ir atraminių dalių skaičiavimas,
5. Atramų ir taurų skaičiavimas,
6. Daviniai apie konstrukcijos ypatybes, pastolius ir kt.

Pastovus krūvis.

Pastovus krūvis susideda iš pačios konstrukcijos savojo svorio ir nuolatinio krūvio, kaip antai: apdaras, turėkliai, bordiurai ir kt.

Medžiagos svoris:

1.	gelžbetonis	2.400 kg/m³
2.	šlako betonas	1.700 „
3.	plūktasis betonas . . .	2.200 „
4.	Bims - betonas	1.600 „
5.	plytų mūras	1.800 „
6.	plienas	7.850 „
7.	ketas	7.200 „
8.	švinas	11.400 „
9.	asfaltas	1.400 — 1.500 „
10.	šlapias žvyras	2.000 „
11.	smėlis	1.600 „
12.	žemė	1.800 „
13.	kietas medis	1.200 „
14.	paprastas šlapias medis . . .	1.000 „
15.	paprastas sausas medis . . .	700 „

Grindinio svoris:

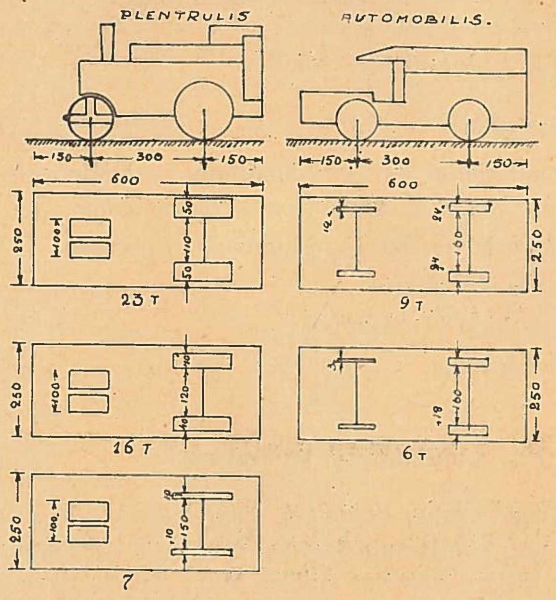
1.	25 cm bendro storio (10 cm smėlio) laukakmenių grindinys	555 kg/m²
2.	20 cm bendro storio (5 cm smėlio) skaldos žievė	400 kg/m²
3.	10 cm aukščio medžio kaladėlių grindinys . . .	100 kg/m²
4.	5 cm storio plūktasis asfaltas	75 kg/m²
5.	10 cm storio dervos makadamas	200 kg/m²

Izoliacijos svoris:

1.	cemento skiedinio tinkas 1 cm storio	25 kg/m²
2.	elastiškos izoliacijos medžiagos kas 10 mm . .	10 kg/m²

24 lentelė. Paslankusis krūvis (prisilaikant vokiečių DIN 1072).

Krūvis	TILTO RŪŠIS		I	II	III	IV
Plentvolis	Bendras svoris t.		23	16	7	—
	Priekinių ratų svoris t. .		10	7	5	—
	Užpakalinių ratų svoris t.		6,5	4,5	1	—
	Lygiai paskirst. krūvis t/m²		1,55	1,1	0,5	—
Automobilis	Bendras svoris t.		9	6	6	6
	Priekinių ratų svoris t. .		1,5	0,75	0,75	0,75
	Užpakalinių ratų svoris t.		3	2,25	2,25	2,25
	Lygiai paskirst. krūvis t/m²		0,6	0,4	0,4	0,4
Žmonių minia	Svarbiausio balkio ilgis	0—25 m.	0,5	0,45	0,4	0,3
		25—125 m	Tiesioginė interpoliacija			
		125—200 m	0,4	0,35	0,3	0,3
	Visos kitos dalys		0,5	0,45	0,4	0,3



234, 235 ir 236 brėž.

Šioje lentelėje:

I-os rūšies keliai — didelių miestų gatvės,

II-os rūšies keliai — plentai ir miestelių gatvės.

III-os rūšies keliai — I-os rūšies vieškeliai.

IV-os rūšies keliai — II-os rūšies vieškeliai.

Turėkliai:

1. geležiniai turėkliai sveria . . . 25 — 10 kg/m,
2. betoniniai „ „ . . . 150 — 500 kg/m,

Paslankusis krūvis.

Plentų tiltų paslankųjį krūvį sudaro įvairių rūšių vežimai su sutelktomis veikiančiomis jėgomis, kurios ant važiuojamosios dalies gali būti įvairioje padėtyje.

Likęs laisvas tilto plotas (šaligatvių ir važiuojamosios dalies) apsloginamas žmonių minia, kuri prilyginama lygiai paskirstytam krūviui.

Paslankaus krūvio statiškas veikimas pareina nuo vežimo, arklių ir žmonių eismo, kurie iššaukia dinamiškus dūžius, visa tai žymiai padidina tilto įtempimus.

Paslankaus krūvio dūžių yra tokie koeficientai:

1. Balkiai ir rėmai:

a) ligi 10 m angos važiuojamajai daliai ir tiesiog su ja surištiems svarbiems balkiams 1,4
b) didesnės kaip 10 m angos tokiems pat, kaip a) balkiams 1,3
c) netiesioginiai apkrautiems balkiams 1,2

2. Arkiniai tiltai:

a) važiuojamajai daliai su viršskliautiniu statiniu ar važiavimu apačia ir kabančiomis vertikalėmis . . 1,4
b) briauninėms arkoms ligi 30 m angos 1,2
nuo 30 ligi 70 angos 1,1
didesnėms kaip 70 m angos 1,0
c) paprastoms arkoms 1,0

72. Leidžiamieji įtempimai

Armiruotų ir nearmiruotų betoninių dalių leidžiamųjų įtempimų dydis pareina nuo bandomųjų kubikų Wb_{28} (28 dienoms praėjus) atsparumo. Gelžbetoninėms dalims Wb_{28} turi išlaikyti mažiausiai 150 kg/².

25 lentelė. Gelžbetoninių dalių (normalaus portland cemento) leidžiamieji gniužimui ir lenkimui įtempimai.

TILTO DALYS	Leidžiamas σ_b kg/cm²
1. Plokštės, balkiai, išilginės ir skersinės sijos ir svarbiosios balkinių tiltų sijos	45
2. Rėmai ir rėminiai tiltai	55
3. Arkiniai tiltai, ištisos ir sudėtinės arkos	55
4. Centriniai apsloginti statramsčiai	35
5. Ekscentriniai „ „	50

26 lentelė. Betoninių dalių leidžiamieji gniužimui įtempimai,

TILTO DALYS	Leidžiamas σ kg/cm²
1. Betoniniai skliautai	25 kg/cm²
2. Mūriniai „	25 „
3. Klinkeriniai „	25 „
4. Akmenų skliautai	20 „
5. Statramsčiai, taurai, ramtai	20 „
6. Akmenų su 1 : $2^1/_2$ cemento skiediniu išmūryta siena	25 „

Leidžiamieji skėlimui (šlities) įtempimai. Reikia pažymėti, kad visos gelžbetoninės dalys, išskyrus arkas, gauna skeliamųjų įtempimų. Jei skeliamieji įtempimai didesni kaip 16 kg/cm², neimant domėn išlenktų strypų ir vilkčių, tai tąsyk reikia pakeisti visus tos dalies dydžius.

Išlenkti strypai ir vilktys turi priimti visus šituos skeliamuosius įtempimus.

Leidžiamieji atraminių dalių įtempimai.

27 lentelė. Leidžiamieji atraminių dalių šarnyrų įtempimai.

Medžiagos rūšis	Lenkimui	Gniužimui
1. Ketas	tempimui 450 lenkimui 900	1000
2. Lietasis plienas St. 52.81.s	1800	1800
3. Kaltinis plienas St. C.35.61	200	2000
4. Minkštas švinas	—	100

Atraminių dalių liečiamosios plokštumos, kurios neapslogintame stovyje susiliečia viena linija arba tašku, turi šiuos leidžiamus gniužimui įtempimus:

5000 kg/cm² — ketas,
8500 „ — lietasis plienas St. 52. 81. S.
9500 „ — kaltinis plienas St. C. 35. 61.

Atraminėms dalims, kurios turi daugiau kaip du paritu, nurodyti įtempimai sumažinami 1000 kg/cm².

Leidžiamieji poferminiams akmenims gniužimui įtempimai:

1. tarp atraminės dalies ir poferminio akmens gniužimas: a) padėjus 1:1 cemento skiedinio, švino, arba tiesiog ant betono, leidžiama gniužimui 50 kg/cm², b) jei poferminis akmuo labai stipriai armiruotas, tai gniužimui leidžiama 60 kg/cm².

2. tarp poferminio akmens ir mūro gniužimas: a) jei mūras betoninis, arba tašytų akmenų, tai leidžiama gniužimui ligi 25 kg/cm², b) jei iš atskirų laukakmenių su 1:2½ cemento skiediniu, tai leidžiama 12 kg/cm².

Poferminių granito akmenų bandomieji kubikai turi išlaikyti mažiausiai 700 kg/cm².

73. Sistemos parinkimas

Tiltų sistemos parinkimas pareina nuo vietos situacijos plano, tilto dydžių, upės profilio ir angos bei gabarito didumo.

Tiltų su važiavimu apačia konstrukcinį aukštį galima pažeminti, įtaisius šaligatvius ant konsolių, kaip geležiniuose tiltuose.

Vienai ar kitai tilto statiškos konstrukcijos formai parinkti didelės įtakos turi gruntas. Esant mažai patikimam gruntui tenka atsisakyti nuo nekarpytos sijos, trijų strypų rėmų, lankinio balkio ir panašių statiškai neišsrpendžiamų sistemų. Esant geram pamatui šitos konstrukcijos dažnai turi žymių pirmenybių.

Paprastai, vietos sąlygos išanksto nustato tiltui konstrukciją. Tik esant dideliems tiltams ir ypatingoms sąlygoms gali būti abejonių dėl tinkamiausios konstrukcijos. Iš pradžių turi būti išaiškinta koks tiltas: su važiavimu viršumi ar apačia. Jei tilto plotis didesnis, negu anga, tai važiavimas apačia neturi jokių ekonominių ir konstrukcinių pirmenybių. Taip pat esant pakankamam konstrukciniam aukščiui tiltai su važiavimu viršumi yra tinkamiausi. Tiltai su važiavimu apačia gali būti taikomi tik esant labai mažam konstrukciniam aukščiui arba kuomet jų plotis šviesoje yra mažesnis, negu šviesangis.

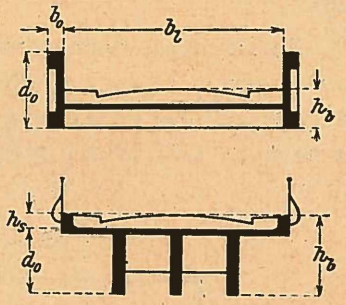
Kadangi tiltams su važiavimu viršumi geriausias santykis šviesangio su balkio aukščiu (236 brėž.) $l : d_0 \cong 14$, tai reikalingas jiems konstrukcinis aukštis nustatomas formule $h_b = {}^1/_{14} + h_s$, kur h_s važ. dalies apdaro storis.

Skersinių sijų tiltų su važiavimu apačia aukštis, atsižiūrint į pakankamą išsikišančių virš grindų svarbiųjų sijų standumą, turi būti ${}^1/_{10}$ jos angos. Reikalingas konstrukcinis aukštis bus:

$$h_b = \frac{b_1 + b_0}{10} + h_s .$$

Jei, pav., $b = \frac{1}{2} l$ arba $\frac{1}{4} l$,

ir $b_0 = \frac{1}{40} l$ — labai mažas dydis, kurį galima neskaityti, tai turėsim:



236 a ir b brėž.

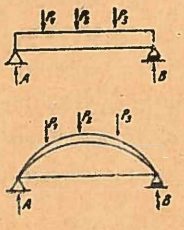
$$h_b = \frac{1}{20} + h_s \text{ arba } h_b = \frac{1}{40} + h_s \text{ (236 brėž.)} .$$

Vadinasi, h_b išeina žymiai mažesnis, negu tiltų su važiavimu viršumi.

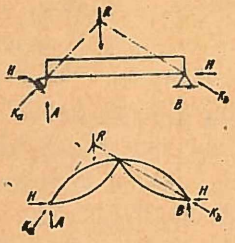
74. Sistemos ypatybės

Balkinė nuo arkinės sistemos, daugiausiai skiriasi ne forma, bet atraminėmis reakcijomis. Balkinių sistemų atramines reakcijos gaunamos vertikalės, tuo tarpu arkinė sistema duoda pasvirusias (įstrižas) atramines reakcijas. 237 — 238 brėž. parodyti balkinės sijos, o 239 — 240 brėž. — arkinės.

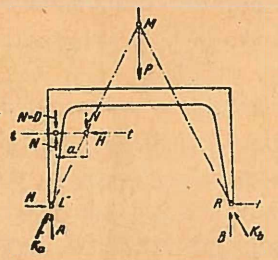
Įstriža reakcija duoda horizontalę jėgą H, pagal ją tik ir galima spręsti kuri balkinė, kuri arkinė sistema.



237 ir 238 brėž.



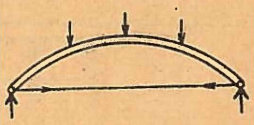
239 ir 240 brėž.



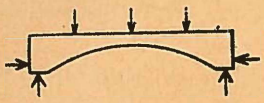
241 brėž.

Balkis nuo arkos skiriasi tuo, kad balkis, paprastai, esti tiesus strypas; jo reakcijos, kai vertikalis apsloginimas, irgi esti vertikalės, tuo tarpu skliautas yra sulenktas pagal spaudimo kreivąją strypas ir, kai esti vertikalūs apsloginimai, duoda ne vien tik vertikalių reakcijų, bet ir horizontalių jėgų, taip vadinama skėtimo jėga.

Be šių aiškių statybos formų yra dar pereinamoji forma, pav.: rėminė sija (241 brėž.). Rėminė sija, nors ir duoda horizontalę skėtimo jėgą, bet priskiriama prie balkinės sistemos, tuo tarpu arka su styga (242 brėž.), nors ir duoda tik vertikalių atraminių re-



242 brėž.



243 brėž.

akcijų, bet priskiriama prie arkinės sistemos. Vadinamas arkinis balkis (243 brėž.) gali būti priskaitomas tiek prie arkinės, tiek prie balkinės sistemos.

Tiek balkinės, tiek ir arkinės sistemos gali būti įvairių konstrukcijų, pav.: a) balkinės sistemos — laisvai gulįs ant dviejų atramų balkis, balkis su konsolėmis, su kontrsvoriu, statiškai neišsprendžiami nekarpyti balkiai, balkiai su Gerbero šarnyrais ir t.t., b) arkinės sistemos — arka be šarnyrų, su dviem šarnyrais, su trim šarnyrais, su styga, su kabančia važiuojamąja dalimi ir t.t.

Nagrinėjami tiltai suskirstomi į dvi sistemas: a) mažų angų tiltai. Prie šių tiltų priskiriami vamzdžiai, maži balkiniai ir arkiniai tiltai, ir b) didesnių angų tiltai. Prie šių priskiriami balkiniai, rėminiai ir arkiniai tiltai.

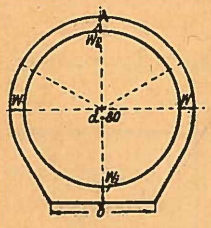
VII. Mažųjų angų tiltai ir vamzdžiai

75. Vamzdžiai

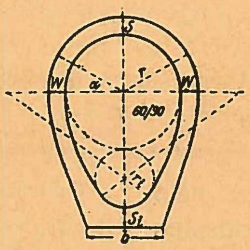
Mažus tiltus pamaino pigiai ir lengvai pagaminami vamzdžiai. Jie plačiai vartojami ir patogūs tuo, kad juos gali pagaminti net ir paprastas darbininkas.

Dabar betoninius vamzdžius veik visur pakeičia gelžbetoniniai. Vamzdžius galima pagaminti darbų vietoje arba didesniam centre; iš čia jie išvežiojami į reikalingas vietas.

Gelžbetoniniai vamzdžiai paprastai gaminami pagal nustatytus tipinius brėžinius. Dažniausiai jie gaminami nuo 30 cm ligi



244 brėž.



245 brėž.

100 cm skersmens; didesnio kaip 75 cm skersmens vamzdžiai armiruojami. Vamzdžiai esti įvairių formų; apvalūs be pado, apvalūs su padu (284 brėž.), kiaušinio pavidalo su padu (245 brėž.). Padas esti tam, kad vamzdis labiau atsispirtų išoriniam spaudimui.

Beveik išimtinai vartojamos apvalios su padu formos 0,30 — 1,00 m skersmens. Vamzdžių dydžiai nurodyti 28 lentelėje.

28 lentelė

d mm	W mm	W_i mm	b mm	F_l m^2	F_w m^2	Q m^3	G kg	U_m
300	43	43	245	0,0707	0,0514	0,122	120	0,942
350	48	48	285	0,0962	0,0672	0,163	150	1,099
400	52	52	320	0,1257	0,0824	0,208	185	1,257
450	56	56	356	0,1590	0,0995	0,259	231	1,414
500	59	59	400	0,1964	0,1172	0,314	266	1,570
600	65	75	500	0.2827	0,1579	0,441	375	1,885
800	78	90	540	0,5027	0,2425	0,745	582	2,513
1000	88	105	622	0,7854	0,3521	1,137	805	3,142

kur:

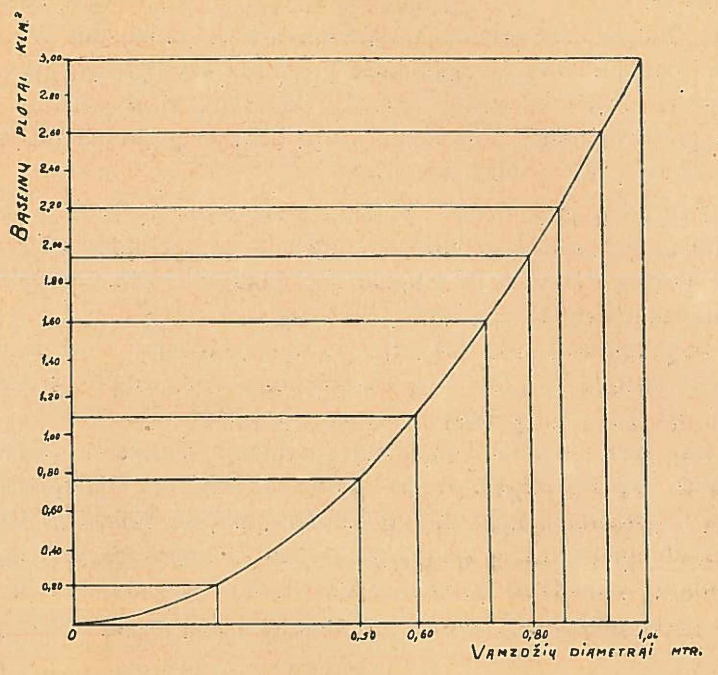
F_w — vamzdžio sienelių skerspiūvio plotas
F_l — vamzdžio gyvojo skerspiūvio plotas,
W ir W_i — sienelių storis,
b — pado plotis,
G — vamzdžio 1 ties. m svoris kg.,
U — pavandeninis perimetras.
$Q = F_l + F_w$ — viso vamzdžio skerspiūvio plotas.

Greitai vamzdžio diametrui nustatyti naudojamasi 246 brėž. parodyta diagrama.

Vamzdžio kokybė pareina nuo vartojamos medžiagos rušies, tad cementas turi būti pirmos rūšies, priemaišai gryni be organinių ir kitokių priedų. Karjerų žvyras vamzdžiams geriau tinka, negu upės. Geriausiai tinka geros padermės akmens skalda sumaišyta su smėliu.

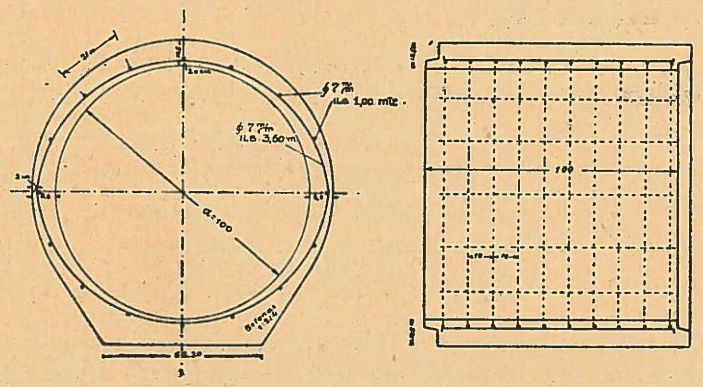
Vamzdžio skersmuo cm	I. Cementas ir natūralus žvyras geroje proporcijoje	II. Cementas, smėlis ir žvirgždas arba skalda
10 — 30	1 : 3 — 1 : 4	1 : 2 : 3
35 — 50	1 : 5	1 : 2 : $3^1/_2$
60 — 80	1 : 6	1 : 2 — 3 : 3
90 — 120	1 : 7	1 : 3 — 3 : 4

Betoniniai žiedai dažniausiai gaminami 1 m ilgio, vienas su kitu sujungiami falcu. Tokie žiedai gerai atsispiria oro veikimui.



246 brėž.

Didesnio kaip 30 cm skersmens žiedai pigesni už molinius; jų trūkumas tas, kad esti trapūs, ypač sutrūksta ten, kur nevienodas



247 brėž.

gruntas; tokioje vietoje gali būti nuslūgimų. Šį trūkumą galima pašalinti, įdėjus geležinę armatūrą. 247 brėž. parodytas 1 m

skersmens vamzdis su geležine armatūra. Armatūra išlenkta pagal momentų veikimą, ir susideda iš apskritos geležies 7 mm storio. Betoninius žiedus reikia ypatingai stropiai ir sąžiningai padėti į vietą. Kai silpnas gruntas, tąsyk reikia juos padėti ant žvyro ar smėlio pamato arba gelžbetoninės plokštės. Sujungimo rieves reikia gerai iš viršaus užlieti cemento skiediniu, o iš vidaus rūpestingai užtinkuoti. Ant vamzdžio pylimai su grindiniu turi turėti mažiausia, 40 — 50 cm storumo.

Vamzdžių gaminimas. Mažesnio skersmens vamzdžiai liejami gulščiose formose, vidutinio ir didesnio — medinėse ar geležinėse stačiose formose; jie gaminami iš plūktojo betono. Plūkiami ne storesniu kaip 10 cm betono sluoksniu.

Pagamintus vamzdžius reikia laistyti vandeniu; 3—6 dienoms praėjus, galima apversti. Gelžbetoniniams vamzdžiams armatūrą reikia dėti kartu su plūkiamo betono sluoksniais.

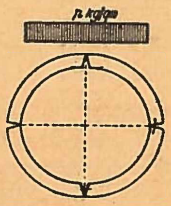
Kai gelžbetoniniai vamzdžiai gaminami storesnių sienelių, tąsyk iš pradžių pagaminamas armatūros skeletas, įstatomas į formą ir užbetonuojamas skystu betonu, sukrėtus vamzdžio formą.

Kadangi vamzdžių sienelės, palyginti, plonos, tai, kad jų nesugadinus, vamzdžius galima vartoti darbui tik tada, kai jų sienelės gerai sukietėja, vadinasi, ne ankščiau, kaip 6 savaitėms praėjus.

Statiškai apskaičiuojant vamzdį reikia skaityti, kad:

1. vartojamas užpilti gruntas yra šlapias ir sveria 2000 kg/m³,

2. grunto spaudimas iki 5 m didėja, o giliau — pastovus, vadinasi, toks, koks buvo 5 m gilumoje,



248 brėž.

3. Paslankusis krūvis, jei sąlygose nenurodyta kito krūvio, yra 500 kg/m².

Kai tvirtas gruntas, pav.: žvyras, molis, akmenys, tąsyk nurodytą grunto spaudimą galima sumažinti ⅓ dalimi.

Laikydami, kad gruntas sveria 2000 kg/m³, gausime 30 lent. nurodytus dydžius.

Vamzdžių sienelių storis ir armatūra apskaičiuojama pagal gelžbetonio teoriją, skaitant, jog lenkimo momentas (248 brėž.):

$$M = \pm \frac{P \cdot r^2}{4} \cdot$$

30 lentelė.

Gilumas m	1	2	3	4	5	6	7
Grunto spaudimas p_e .	1627	2613	3120	3307	3333	3333	3333
$^2/_3\ p_e$	1085	1742	2080	2205	2222	2222	2222
Paslankusis krūvis p_v .	3200	1800	800	200	—	—	—
$^2/_3 (p_e + p_v)$ kg	4285	3542	2880	2405	2222	2222	2222
Skaičiuojamas krūvis p kg	4285	3542	3120	3307	3333	3333	3333

Vamzdį iš oro veikia šios jėgos: 1) grunto stulpo svoris, 2) paslankaus krūvio spaudimas; šoninis grunto ir pratekančio vandens spaudimas neskaitomas.

Kadangi momentų veikimas svyruoja tarp teigiamų ir neigiamų dydžių, tai darant ordinarinę armatūrą reikia ją išlenkti atitinkamai momentų veikimui (247 brėž.).

Vamzdžiui su geležine armatūra apskaičiuoti pavyzdys. Reikia nustatyti vamzdžio, kurio diametras D = 1,6 m, grunto užpilas 3 m, dydžius.

Pagal lentelę grunto 3 m užpilą atitinka jėga $p = 3120\ kg/m^2$

$$M = \frac{p \cdot r^2}{4} = \frac{3,12 \cdot 0,8^2}{4} = 0,4992\ tm = 49920\ kg\ cm\ .$$

Pagal šį momentą nustatomi vamzdžio sienelių storis ir reikalingos armatūros piūvis. Jei h — naudingasis sienelės storis, f_e — vamzdžio 1 ties. m atspariosios armatūros piūvio plotas, tai, kai leidžiamas įtempimas $\sigma = 35/1000\ kg/cm^2$, tada

$$h = 0,433 \sqrt{\frac{49920}{100}} = 0,433 \cdot 22,4 = 9,69\ cm = \sim 10\ cm\ ,$$

$$f_{e\,reik} \sim = 0,00261 \cdot 100 \cdot 22,4 = 5,84\ cm^2\ .$$

Kaip geležinę armatūrą galima imti 8 apv. strypus 10 mm su

$f_e = 6{,}28\,cm^2$. Jei $b = 100\,cm$, $15 f_e = 94\,cm^2$, $h = 10\,cm$, tai gaunama:

$$x = \frac{15.f_e}{b}\left[\sqrt{1+\frac{2.b.h}{15 f_e}} - 1\right] = \frac{94}{100}\left[\sqrt{1+\frac{2.100.10}{94}} - 1\right] = \sim 3{,}5.$$

$$b.x\left(h - \frac{x}{3}\right) = 100.3{,}5\left(10 - \frac{3{,}5}{3}\right) = \sim 3095\,cm^3.$$

$$f_e\left(h - \frac{x}{3}\right) = 6{,}28\left(10 - \frac{3{,}5}{3}\right) = 55{,}51\,cm^3.$$

$$\sigma_b = \frac{2M}{b.x\left(d - a - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2.49920}{3095} = \sim 32{,}3\,kg/cm^2,$$

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e\left(d - a - \frac{x}{3}\right)} = \frac{49920}{55{,}51} = \sim 900\,kg/cm^2,$$

Be to, kiekvieno vamzdžio žiedo skerspiūvis dar turi išlaikyti:

$$p_s = p \cdot \frac{D}{2} = 3120.0{,}8 = 2496\,kg/ties.m.$$

Jei vamzdžio žiedo storis $d = 12$ cm, tai plotas, kuris turi išlaikyti spaudimą 2496 kg, bus $d.100 = 12.100 = 1200\,cm^2$.

Betono įtempimas:

$$\sigma_b' = \frac{p_s}{100.d + 15 f_e} = \frac{2496}{1200 + 94} = \frac{2496}{1294} = \sim 1{,}91\,kg/cm^2.$$

Geležies įtempimas:

$$\sigma_e' = n.\sigma_b' = 15.\sigma_b' = 15.1{,}93 = \sim 29\,kg/cm^2.$$

Tada gaunami didžiausi geležies ir betono įtempimai:

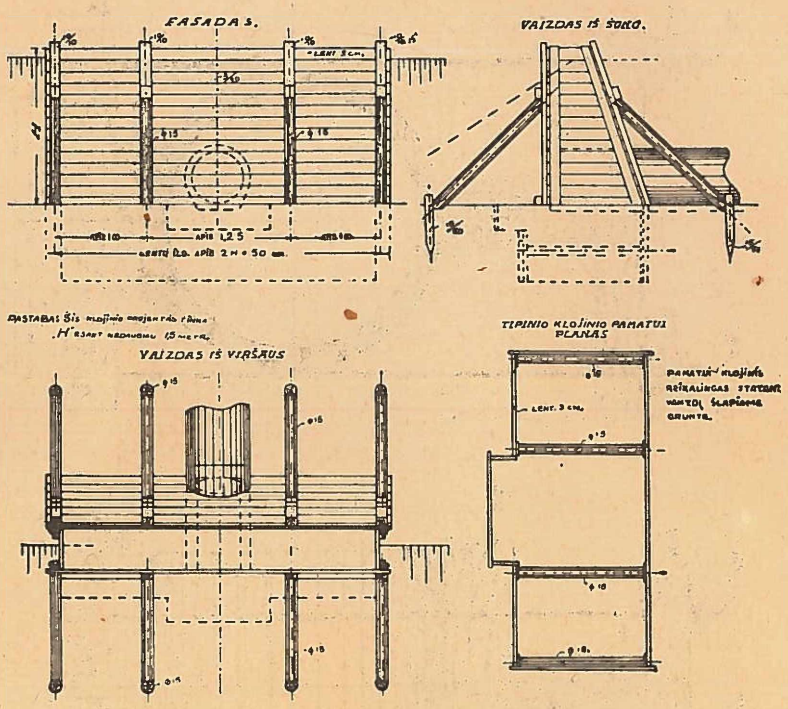
betono gniužimas — $\sigma_b = 32{,}3 + 1{,}9 = 34{,}3\,kg/cm^2$,

geležies tempimas — $\sigma_e = 900 - 29 = 871\,kg/cm^2$.

249 brėž. parodytas vamzdis su žemu užpylimu, o 250 brėž. — su aukštu užpylimu. Vamzdžiams su mažu užpylimu šoninės sienelės daromos iki kelio paviršiaus ir net aukščiau, arti 15 cm. Vamzdžiai su aukštu pylimu išeina pigesni, kai vamzdis pratęsiamas iki persikirtimo su pylimu ir įtaisomos žemos šoninės sienelės. Riba tarp šių tipų galima imti 0,80 — 1,00 m aukščio užpylą,

250 brėž. parodytas vamzdžio tipas, kurį galima statyti esant geram gruntui. Po vamzdžiu dedamas žvyro ar smėlio sluoksnis 10 — 30 cm, o po šoninėmis sienelėmis — pamatas 75 cm gilumo; Prieš kiekvieną pamatą įtaisomas slenkstis.

Visus vamzdžius reikia daryti su nuolaidumu, mažiausiai, $^1/_{100}$. Griovio dugnas prieš ir po vamzdžio, apie 2 m, išgrindžiamas akmenimis, kūgiai irgi išgrindžiami ant samanų, o pylimo šlaitai velėnuojami. Kai nepatikimas gruntas, tąsyk vartojamas

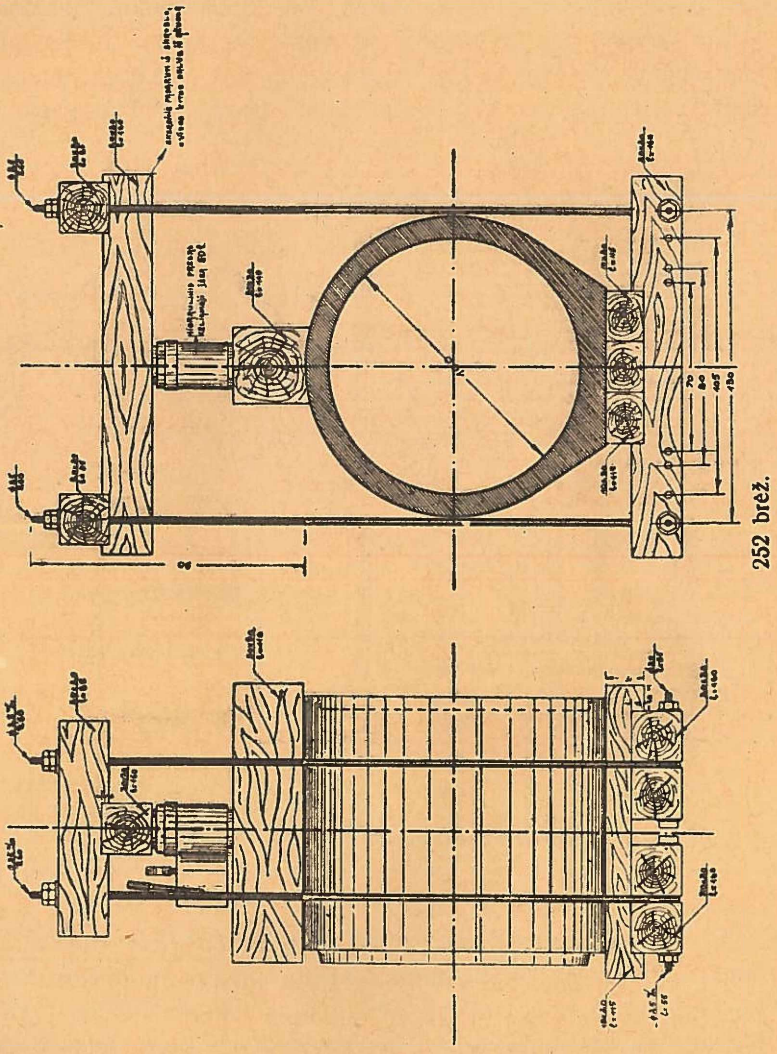


251 brėž.

249 brėž. parodytas tipas. Apačioje pilamas žvyro sluoksnis, ant sluoksnio daroma gelžbetoninė plokštė, ant jos statomi vamzdžiai, po sienelių pamatu įkalami poliai. Kur labai silpnas gruntas, ši konstrukcija netaikoma, nes plokštė dėl savo ilgio išlinks ir vamzdžiai gali sprogti.

Iš šių dviejų tipų daroma kombinacija, pav., gelžbetoninė plokštė ir aukštas pylimas. Visos pozicijos ant tipinių brėžinių pažymimos raidėmis ir išmatavimus reikia įstatyti pagal tyrinėjimų davinius.

251 brėž. parodyta, kaip padaryti typinių vamzdžių šoninėms sienelėms klojinius, jei jų aukštis ne didesnis kaip 1,5 m. Kad galima būtų įsitikinti, ar vamzdžiai išlaikys reikalaujamą krū-



252 brėž.

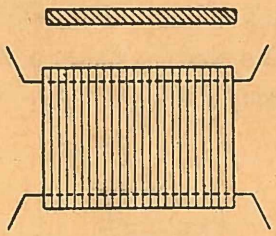
vį, jie atitinkamai išbandomi. Paprastas bandymo aparatas parodytas 252 brėž. Spaudimas gaunamas su 50 t gidrauliniu presu, pastatytu ant vamzdžio spynos. Kiek vamzdžiai turi išlaikyti iki lūžimo parodyta 29 a lentelėje.

29 a lentelė.

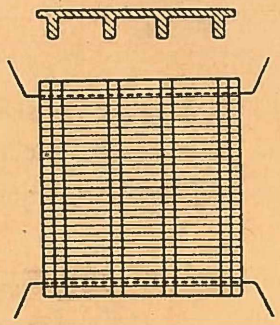
Vamzdžio diametras mm	Laužimo jėga kg vienam ties. m	Vamzdžio diametras mm	Laužimo jėga kg. vienam ties. m.
200	2000	500	3000
250	2200	600	3000
300	2500	700	3000
350	2800	800	3000
400	2800	1000	3000
450	2900		

76. Balkiniai perdengimai

Žiūrint balkinių tiltų piūvio, balkiniai perdengimai skirstomi į: 1) plokštę (253 brėž.), 2) balkius su plokšte arba briauninę plokštę; ji gali būti su važiavimu viršumi (254 brėž.) arba su važiavimu apačia (255 brėž.).



253 brėž.

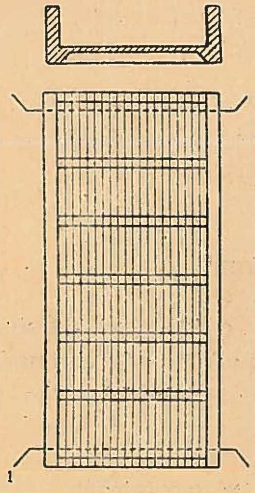


254 brėž.

Plokštė charakterizuojama lygia apatine plokštuma; briauminė plokštė, kurią statiškai galima padalinti į plokštę ir balkius — briaunomis apatinėje plokštumoje. Konstrukcija iš 2-jų svarbiųjų sijų sujungtų plokštimi su važiavimu apačia charakterizuojama tuo, kad balkiai guli aukščiau važiuojamosios plokštumos. I ir III atsitikimu plokštė yra įtempta eismo kryptimi, II atsitikimu — statmenai jam.

77. Plokštė

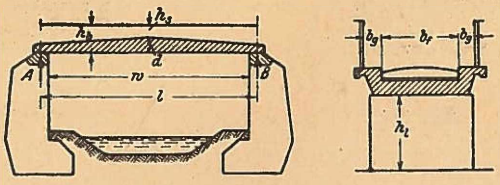
Kai angos nuo 1,0 m iki 4,0 m, kurias atitinka plokštė nuo 0,15 iki 0,40 m storumo, tada neverta tilto piūvį skirstyti į plokštę ir briaunas. Kai didesnės angos, savasis svoris greit ir neproporcingai auga, tada ekonomiškiau vartoti briauninius perdengimus. Plokštė, palyginant su briaunine plokšte (balkiai su plokšte) tuo gera, kad klojiniai jai žymiai pigesni, tad mažiems balkiniams tiltams, kad pigiau atsieitų pastoliai-klojiniai ir lengviau būtų dirbti, parenkama paprastesnė plokštės forma. Kai tinkamas gruntas ir pakankamai užpilama žemės, tąsyk arkomis perdengimas bus ekonomiškesnis. Bet, kur mažas konstrukcinis aukštis ir nepatikimas gruntas, kas apsunkina arkinių perdengimų pastatymą, ten naudingiau statyti paprastas ar briaunines plokštes.



255 brėž.

Pamatiniai plokštės dydžiai normuoti pagal 256 brėž.:

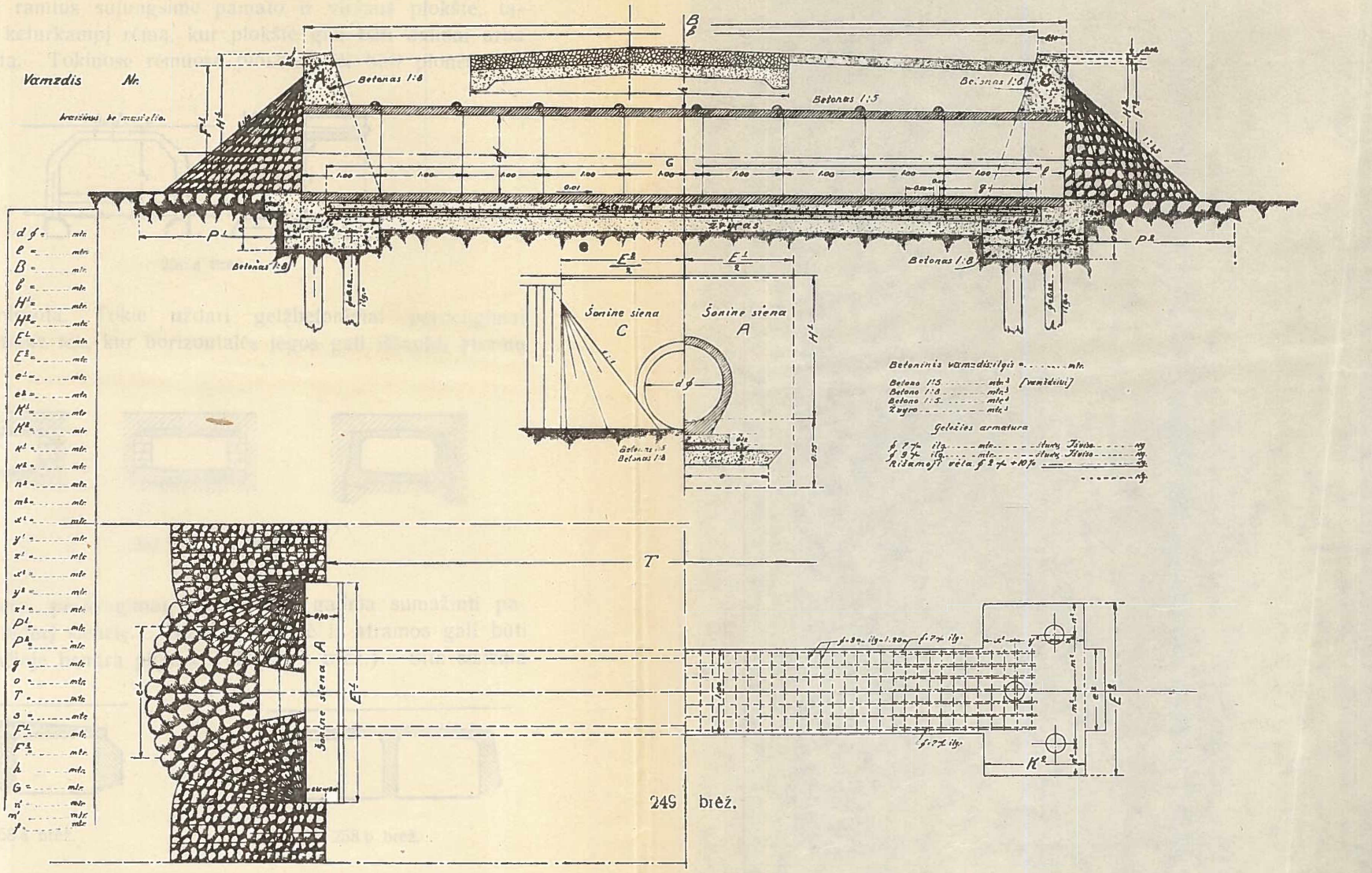
w = šviesangis, l = skaičiuojamoji anga, d = plokštės storumas, h_s — užpylimas virš plokštės, b_f = važiuojamosios dalies platumas, b_g — šaligatviai, A, A — atraminės reakcijos.



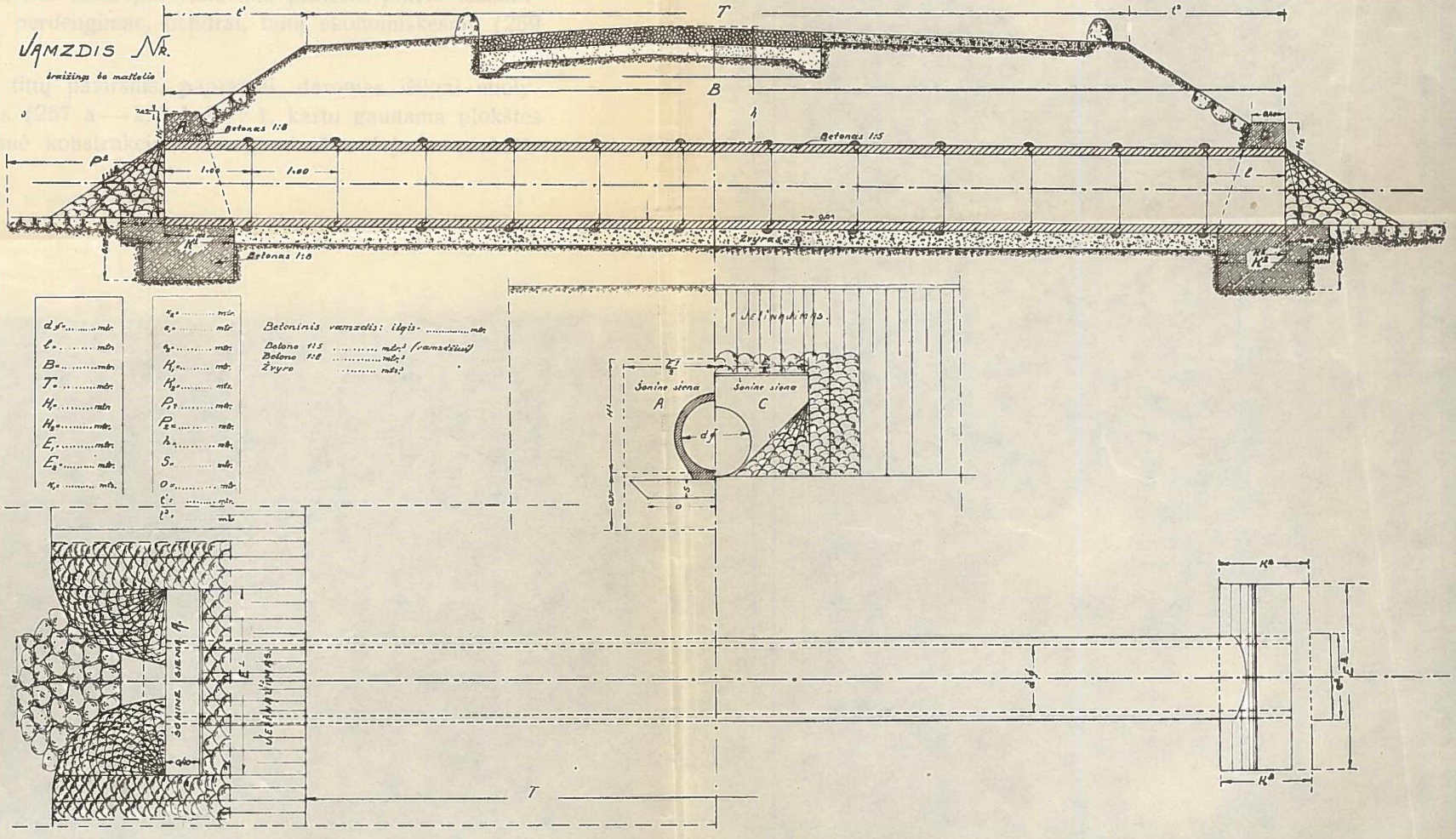
256 brėž.

Dažniausiai, plokštei atramos statomos iš plūktojo betono, tačiau, kur sunku gauti žvyro, ten — iš plytų ar akmenų (257 brėž.). Kur nepatikimas gruntas, ten reikia atitinkamai praplatinti pamatus arba dar geriau sujungti abu ramtus pamato plokšte, kuri atstos upės dugną (257 b, c brėž.).

TIPINIAI VAMZDŽIAI

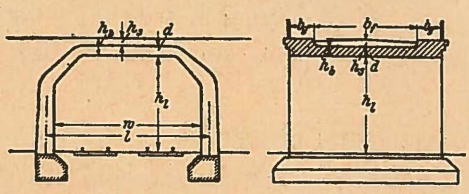


249 brėž.



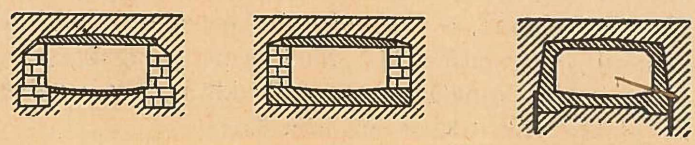
250 brėž.

Jei abu ramtus sujungsime pamato ir viršaus plokšte, tąsyk gausim keturkampį rėmą, kur plokštė gali būti dalinai arba visai įtvirtinta. Tokiuose rėmuose plokštė gali būti plonesnė ir



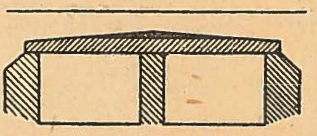
256 a brėž.

mažiau armiruota. Tokie uždari gelžbetoniniai perdengimai daugiausiai tinka ten, kur horizontalės jėgos gali iššaukti atramų šliaužimą.

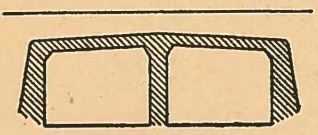


257 a, b ir c brėž.

Kai ilgesni perdengimai, tąsyk angą galima sumažinti pastačius per vidurį sienelę. Vidurinė sienelė ir atramos gali būti sujungti apačioje bendra plokšte (258 a, b brėž.). Šita sistema



258 a brėž.



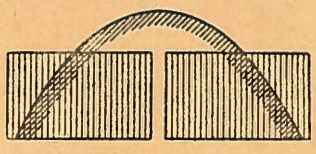
258 b brėž.

taikoma ten, kur labai mažas konstrukcinis aukštis arba kur labai silpnas gruntas, nes tokio pat vandeniui praleisti piūvio skliautinis betoninis perdengimas, bendrai, būtų ekonomiškesnis (259 brėž.).

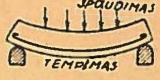
Plokštinių tiltų paviršius, paprastai, daromas išilgai nuolydus į abu galus (257 a — 258 b brėž.), kartu gaunama plokštės viduriu aukštesnė konstrukcija, kas gerai išnaudojama plokštės

statiškam veikimui. Dvispraginių tiltų su laisvai padėtomis plytomis toks stogelio pavidalo išilginis nuolaidumas gaunamas pripilant lieso betono virš vidurinės atramos (258 a brėž.), o rėminių dvispraginių tiltų — duodant perdengiamai vienodo storumo plokštei atatinkamą nuolydį (258 b brėž.). Plokštės ant rėmų reikia taip padėti, kad nesusidarytų slenksčio, nes ten gali prisirinkti vandens.

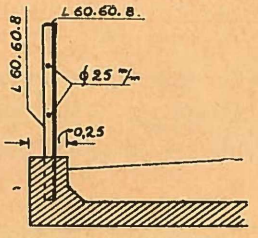
Užleidžiant ant ramtų plokštę reikia laikytis tokios taisyklės: užleidimo ilgis ≧ kaip plokštės storis; temperatūrinis tarpas išilgai tilto paliekamas tik tada, kai plokštė turi 15 — 20 m pločio. Plokštės viena dalis nuo kitos atskiriama įstatomu toliaus perdėliu, gerai jo viršų izoliavus. Apsaugos betono sluoksnis nuo armatūros iki plokštės apatinės plokštumos turi būti ne mažesnis kaip 1,5 cm. Kai paprastai plokštė guli ant dviejų atramų, tada nuo savojo svorio, kaip ir nuo paslankaus apkrovimo, gaunamas apatinėje zonoje tempimas, o viršutinėje — spaudimas. Kad priimti tempiamuosius įtempimus, reikia armatūrą padėti apatinėje zonoje (260 brėž.). Dalį armatūros reikia išlenkti į viršų, svarbiausiai tada, kai plokštė ant atramos toli užleista.



259 brėž.



260 brėž.

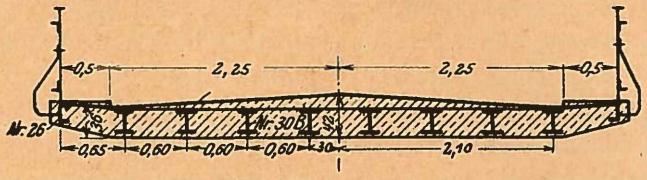


261 brėž.

Jei plokštė su atramomis sudaro vieną rėminę konstrukciją, tai tąsyk kampus reikia tvirtai armiruoti. Kai yra dvi ar daugiau angų, tąsyk galima padėti atitinkamą skaičių paprastų plokščių. Tačiau, jei dedama nekarpyta plokštė ir aukščiau atramų gaunami neigiamieji momentai, tai tose vietose reikia dėti geležinę armatūrą ir į viršutinę zoną, kad galėtų išlaikyti ten veikiančius tempiamuosius įtempimus.

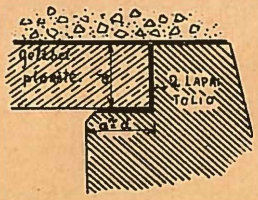
Plokštės, paprastai, aprėžiamos briaunomis, į kurias lengvai įstatomi turėkliai (261 brėž.). Kartais į plokštę dedama valcuota profilinė geležis (262 brėž.); kai mažesnės angos, tąsyk dedami

bėgiai, suplūkiant tarp jų betoną. Prieš vartosiant geležinius balkius ar bėgius reikia nuo jų nuvalyti palaidas rūdis, purvą, alyvą ir kt. Be to, balkiai turi būti padengti pakankamo storumo apsaugos betono sluoksniu, ne plonesniu kaip 3—4 cm. Geležinius balkius reikia gerai apsukti 3 mm skersmens viela, kad tvirtai susirištų betonas su geležim.

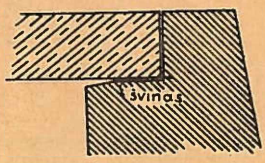


262 brėž.

Dedamos ant atramų plokštės guldomos tiesiog ant betono, padėjus po jų du ar daugiau lapų toliaus (263 brėž.), o didesnei plokštei — švino (263 a, brėž.). Dėl plokštės įlinkimo prie-



263 brėž.



263 a brėž.

kinė ramto briauna gauna didelį įtempimą, tad visada reikia nuolydžiai nuleisti atraminės plokštumos priekinę dalį (263 a brėž.).

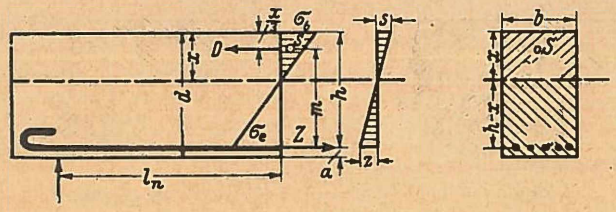
II-me atskirame brėžinių lape parodyti dviejų plokštės perdengimų, 1,30 m ir 1,50 m šviesangyje tipai. 264, 264 a, b, c, d parodyti perdengimai išilginiame ir skersiniame piūvy, o 264 e, f jųjų armatūra. Kadangi armatūra eina viena kryptimi, tai perdengimo platumas neturi reikšmės. Geležies strypai, kaip viename, taip ir kitame perdengime — 14 mm. 1,30 m angos plokštės aukštis — 20 cm, o 1,50 m. angos — 26 cm. Šitie perdengimai tinka plentams.

III atskirame brėžinių lape, 265 a, b, c brėž. parodytas uždaras keturkampis, rėminės sistemos, plokštės perdengimas. Šviesangis 2,50 m, aukštis 1,95 m. Priešakinis pamatas kartu su plokšte turi 1,45 m., viduryje geresniam spaudimo paskirstymui

padėtas žvyro sluoksnis. Armatūra dviguba, būtent po 5 str. 8 mm. Armatūros sujungimui padėti zig-zago formos 8 mm diametro vilktys. Armatūrą matyti iš 265 e — g brėž.

IV lape 266 a - c brėž. parodytas nekarpytos plokštės perdengimas ant trijų atramų. Atramos apačioje sujungtos plokšte. Kiekviena anga turi šviesoje po 3,40 m. Plokštė turi viduryje 30 cm., o prie atramų 22 cm. Viduryje, kiekvienos angos apatinėje plokštės zonoje, guli 9 strypai (266 d brėž.). Virš atramos, priėmimui neigiamųjų momentų, padėta irgi tokia pat armatūra. Dalis armatūros išlenkta. Plokštės pastorinimas duoda kartu ir gerą nuolydį vandeniui nutekėti. Plokštės su atramomis sujungimo vietoje padėti 2 lapai toliaus, ištepus juos gudronu, tokiu pat būdu padaryta ir izoliacija.

Statiško skaičiavimo pamatas. Apkrovus plokštės juostą pločio b, viršutinėje jos dalyje (zonoj) gaunamas gniužimas, o apatinėje — traukimas. Rība plokštės piūvyje tarp tokių įtempimų vadinama neitrale ašimi (punktyras, 267 brėž.). Nuo viršutinio



267 brėž.

krašto iki neitralės ašies atstumas žymimas x, bendras aukštis — d, naudingasis aukštis $h = d - a$ (atstumas nuo viršutinio krašto iki armatūros svorio centro).

Pagal gelžbetonio skaičiavimo teoriją:

$$x = \frac{n \cdot f_e}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2b \cdot h}{n \cdot f_e}} - 1\right]; \qquad n = \frac{E_e}{E_b} = \frac{2150000}{143000} = 15,$$

kur f_e = armatūros piūvis cm^2.

Betono įtempimas $\sigma_b = \dfrac{2M}{b \cdot x\left(h - \dfrac{x}{3}\right)}$; geležies — $\sigma_e = \dfrac{M}{f_e\left(h - \dfrac{x}{3}\right)}$.

Šioms formulėms turi būti iš anksto parinkti tikslūs plokštės storis ir geležinės armatūros piūvis. Tokius davinius galima greit

surasti pagal tam tikras lenteles; lentelės esti įdėtos Hütte, Betonkalender, Kersten ir kt. leidiniuose.

29 b lentelėje nurodyti dydžiai s, r, t įvairiems betono įtempimams σ_b, kai $\sigma_e = 1000\ kg/cm^2$ arba $1200\ kg/cm^2$.

1. **Pavyzdys**: Duotas momentas $M = 38500$ cm. kg, $\sigma_e = 1200\ kg/cm^2$. $\sigma_{b\,max} = 40\ kg/cm^2$. Surasti plokštės storumą d ir geležies armatūros reikalingą piūvį?

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{38500}{100}} = \sqrt{385} = 19{,}62 .$$

Naudingas aukštis $h = 0{,}411 . 19{,}62 = 8{,}06$ cm, pagal lentelę prie $\sigma_b = 40\ kg/cm^2$

$$d = 8{,}06 + \sim 2{,}00 = 10\ cm .$$

$$f_{e\,reik} = 0{,}00228 . 100 . 19{,}62 = 4{,}47\ cm^2 .$$

2. **Pavyzdys**: Duotas plokštės storumas $d = 15$ cm, lenkimo momentas $= 93500$ cm. kg. Kokia reikalinga geležies armatūra, jei

$$\sigma_{e\,leidž.} = 1000\ kg/cm^2 ,$$
$$\sigma_{b\,leidž.} = 45\ kg/cm^2 ?$$

Plokštės storumas: $d = 15$ cm,
Naudingasis aukštis: $h = 15 - 2 = 13$ cm.

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{93500}{100}} = \sqrt{935} = 30.58 ,$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{13}{30{,}58} = 0{,}426 .$$

Pagal lentelę artimesnis r bus 0,432; tokį r atitinka:

$$\sigma_b = 36\ kg/cm^2 \quad \text{ir}$$

$$f_{e\,reik.} = 0{,}00267 . 100 . 30{,}58 = 8{,}16\ cm^2 .$$

Suradus f_e cm^2 dydį, nustatomas strypų skersmuo ir jų reikiamas skaičius. Nereikia imti per mažą strypų skaičių, nes tąsyk tarp jų esti dideli tarpai. Jei, pav., gaunama $f_e = 2\ cm^2$, tai netikslu imti 4 strypus po 8 mm, nes tąsyk jie viens nuo kito būtų per 25 cm; geriau paimti 7 strypus po 7 mm, nors f_e ir būtų žymiai didesnis už reikalingąjį.

29 lentelė

Naudingasis aukštis $h = r \cdot \sqrt{\frac{M}{b}}$ (cm)

M — lenkimo momentas kg cm

Geležies piūvis $f_e = t \sqrt{\frac{M}{b}} \cdot b$ (cm²)

Neitralies ašies atstumas $x = s \cdot h$ (cm)

b — plokštės platumas — cm

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}}$$

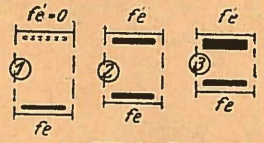
(daugiausia — 100 cm.)

σ_b kg/cm²	$\sigma_e = 1000$ kg/cm²			$\sigma_e = 1200$ kg/cm²			σ_b kg/cm²
	s	r	t	s	r	t	
10	0,130	1,226	0,000826	0,111	1,368	0,000633	10
11	0,142	1.161	0,000904	0,121	1,251	0,000695	11
12	0,153	1,073	0,000982	0,131	1,154	0,000756	12
13	0,163	0,999	0,00106	0,140	1,072	0,000815	13
14	0,174	0,935	0,00114	0,149	1,005	0,000873	14
15	0,184	0,880	0,00121	0,158	0,944	0,00093	15
16	0,194	0,831	0,00128	0,167	0,891	0,00099	16
17	0,203	0,788	0,00136	0,176	0,843	0,00105	17
18	0,213	0,751	0,00143	0,184	0,802	0,00111	18
19	0,222	0,716	0,00151	0,192	0,765	0,00116	19
20	0,230	0,686	0,00159	0,200	0,732	0,00122	20
21	0,240	0,657	0,00165	0,208	0,701	0,00128	21
22	0,248	0,632	0,00173	0,216	0,673	0,00133	22
23	0,257	0,610	0,00179	0,223	0,649	0,00139	23
24	0,265	0,588	0,00187	0,231	0,625	0,00144	24
25	0,273	0,568	0,00194	0,238	0,604	0,00150	25
26	0,280	0,550	0,00200	0,245	0,585	0,00155	26
27	0,288	0,532	0,00207	0,252	0,567	0,00160	27
28	0,296	0,518	0,00214	0,259	0.549	0,00166	28
29	0,303	0,504	0,00221	0,266	0,534	0,00171	29
30	0,310	0,490	0,00228	0,273	0,519	0,00177	30
31	0,317	0,477	0,00234	0,280	0,504	0,00182	31
32	0,325	0,464	0,00242	0,286	0,491	0,00188	32
33	0,331	0,453	0,00248	0,292	0,480	0,00192	33
34	0,338	0,443	0,00254	0,298	0,468	0,00193	34
35	0,344	0,433	0,00261	0,304	0,458	0,00203	35
36	0,351	0,423	0,00267	0,310	0,447	0,00208	36
37	0,357	0,414	0,00273	0,316	0,437	0,00213	37
38	0,363	0,406	0,00280	0,322	0,428	0,00218	38
39	0,369	0,398	0 00286	0,328	0,469	0,00223	39
40	0,375	0,390	0,00293	0,333	0,411	0,00228	40
41	0,381	0,383	0.00299	0.339	0,403	0,00233	41
42	0,387	0,376	0 00306	0,345	0,395	0,00238	42
43	0,392	0,370	0,00310	0,350	0,388	0.00243	43
44	0,398	0,363	0,00317	0,355	0,381	0,00248	44
45	0,403	0,357	0,00324	0,360	0,375	0,00253	45
46	0,408	0,351	0,00330	0,365	0,368	0,00258	46
47	0,413	0,346	0,00335	0,370	0,362	0,00263	47
48	0,418	0,340	0,00341	0,375	0,356	0,00268	48
49	0,424	0,335	0,00347	0,380	0,350	0,00273	49
50	0,429	0,330	0,00354	0,385	0,345	0,00277	50
51	0,433	0,325	0,00360	0,389	0.340	0,00282	51
52	0,438	0,321	0,00365	0,394	0,335	0,00286	52
53	0,443	0,316	0,00372	0,398	0,331	0,00291	53
54	0,448	0,312	0,00377	0,403	0,326	0,00295	54
55	0,452	0,308	0,00383	0 407	0,321	0,00300	55

Plokštės su dviguba armatūra apskaičiuojamos pagal Geyer'o lenteles. Ji vartojama ten, kur norima padėti plonesnę plokštę arba ten, kur dažnai kaiteliojasi teigiami ir neigiami momentai. Armatūra gniužimo zonoje esti naudinga ir ekonomiška tik tada, kai tempiamoji armatūra ne visa išnaudojama, tuo tarpu betono gniužimui atsparumas visas sunaudotas (pasiektas maksimalis leidžiamas įtempimas).

Pagal 268 brėž. gniužiamoji armatūra f_e, mažinant plokštės aukštį, vis didėja, pradedant nuo nulio, kol f_e' pasidaro didesnis už f_e.

Paprastųjų plokščių skeliamosios jėgos (šlities įtempimai) neskaičiuojami, nes jie beveik visada esti žemiau leidžiamųjų įtempimų ($\leqq 6$ kg/cm²). Šlities įtempimas τ surandamas pagal formulę:



268 brėž.

$$\tau = \frac{Q}{b.z},$$

kur: Q — didžiausia skersinė jėga,

b — plokštės ar plokštės juostos platumas,

$$z \text{ — svirtis} = h - \frac{x}{3}.$$

Kadangi skersinė jėga didėja arčiau į atramas, tai ir šlities įtempimai didėja artinantis prie atramų.

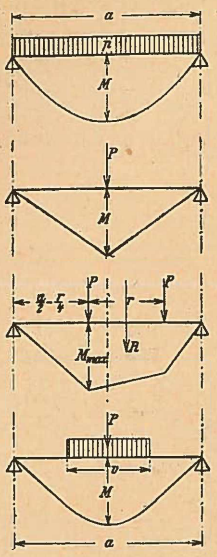
Jei, patikrinus, gaunamas per didelis tempimas, tai jį galima sumažinti trejopu būdu:

1. palikus esamą plokštės aukštį koks yra, padidinti f_e cm² (tačiau ne visada patariama),
2. palikus f_e cm² koks yra, pastorinti plokštę (labai naudinga)
3. padidini h ir f_e.

Plokštės momentų skaičiavimas. Jei išilginiai balkiai yra sujungti skersiniais, tai plokštė gali būti skaičiuojama kaip balkis dviem neelastiškom atramomis. Žemiau nurodomi atskiri apkrovimo atsitikimai.

a) *Plokštė dviem atramomis.* Jei tiltas turi tik du išilginius balkius, plokštės skaičiuojamoji terpė imama lygi balkių tarpusavio atstumui a.

Maksimalis momentas ties terpės viduriu nuo tolygiai paskirstyto krūvio (268 a brėž.).



268 a, b, c, d brėž.

$$M = \frac{1}{8} g a^2,$$

nuo sutelkto ties terpės viduriu krūvio (268 b brėž.):

$$M = \frac{1}{4} P a,$$

nuo dviejų sutelktų krūvių maksimalis momentas (268 c brėž.):

$$M = \frac{P}{8a} (2a - r)^2.$$

nuo tolygiai paskirstyto ties terpės viduriu krūvio (268 d brėž.):

$$M = \frac{Pa}{4} \left(1 - \frac{v}{2a}\right).$$

b) *Plokštė keliomis neelastiškomis atramomis.* Jei tiltas turi daugiau kaip 2 išilginius balkius, tąsyk plokštė skaičiuojama, kaip nekarpyta sija. Bet, kadangi tikslus lenkimo momentų nustatymas reikalauja labai daug laiko ir rezultatai mažai skiriasi nuo apytikrio skaičiavimo būdo, tai leidžiama skaičiuoti apytikriu būdu (pagal vokiečių DIN 1075, § 8, žiūr. toliau).

Prof. Gehler savo veikale „Balkenbrücken" nurodo šias formulės:

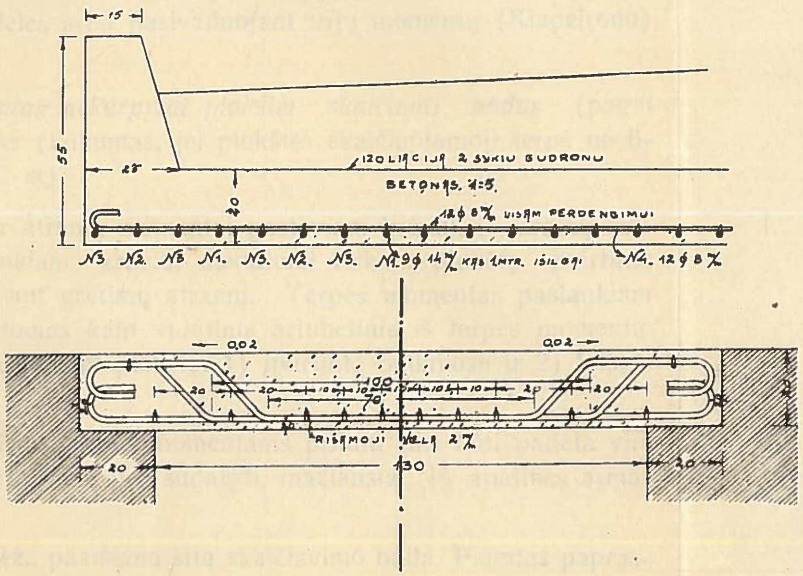
1. Kraštutinė terpė:

$$\begin{cases} \text{nuo pastovaus apkrovimo} & M_g = \frac{g a^2}{12}; \\ \text{nuo paslankaus} \quad „ & M_p = \frac{p a^2}{10}; \end{cases}$$

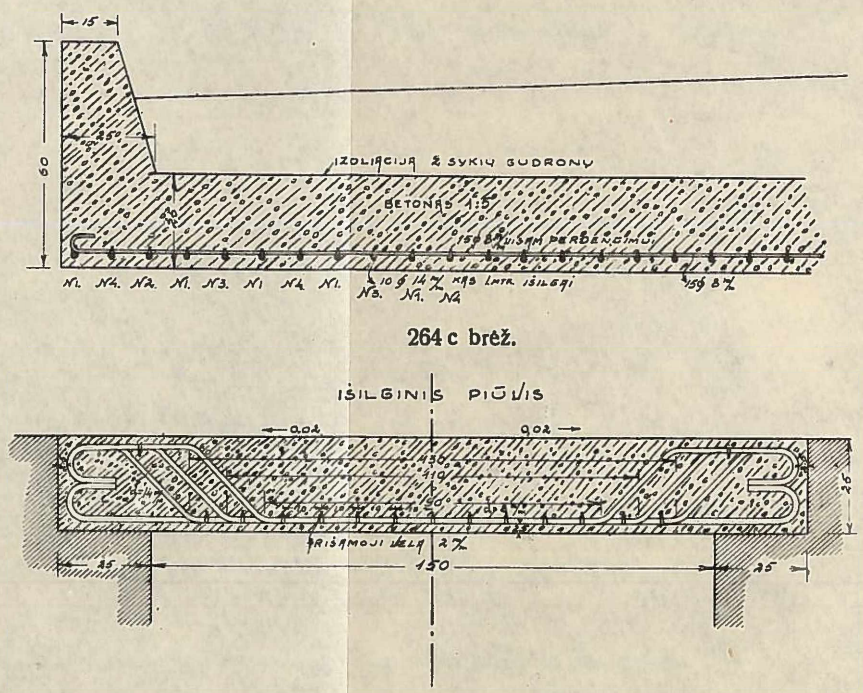
2. Vidurinė terpė:

$$\begin{cases} \text{nuo pastovaus apkrovimo} & M_g = \frac{g a^2}{24} \\ \text{nuo paslankaus} \quad „ & M = \frac{p a^2}{12}. \end{cases}$$

TIPINIAI GELŽBETONINĖS PLOKŠTĖS PERDENGIMAI

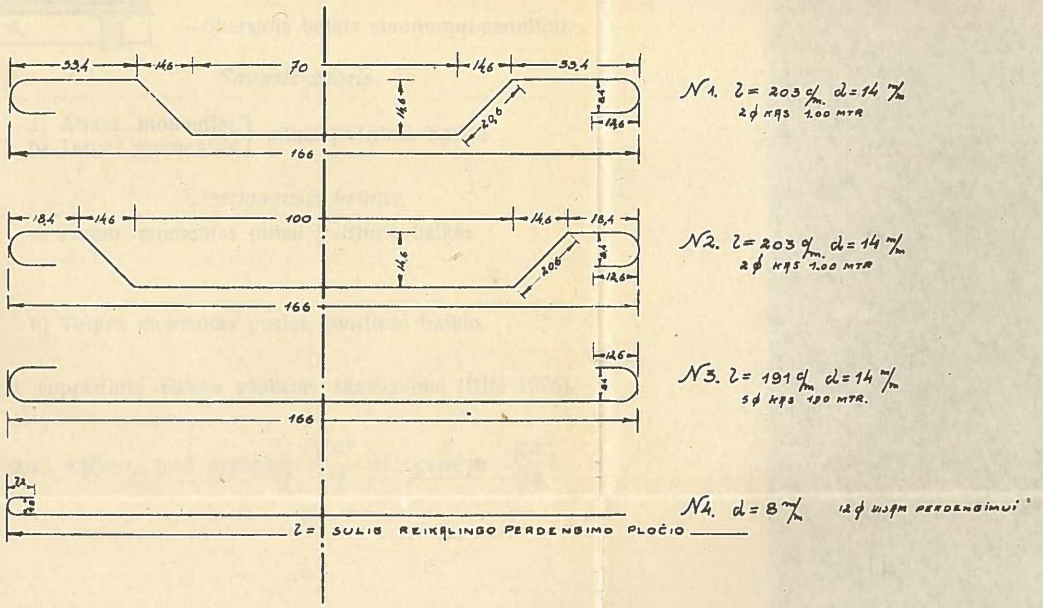


264 a brėž.



264 c brėž.

264 d brėž.



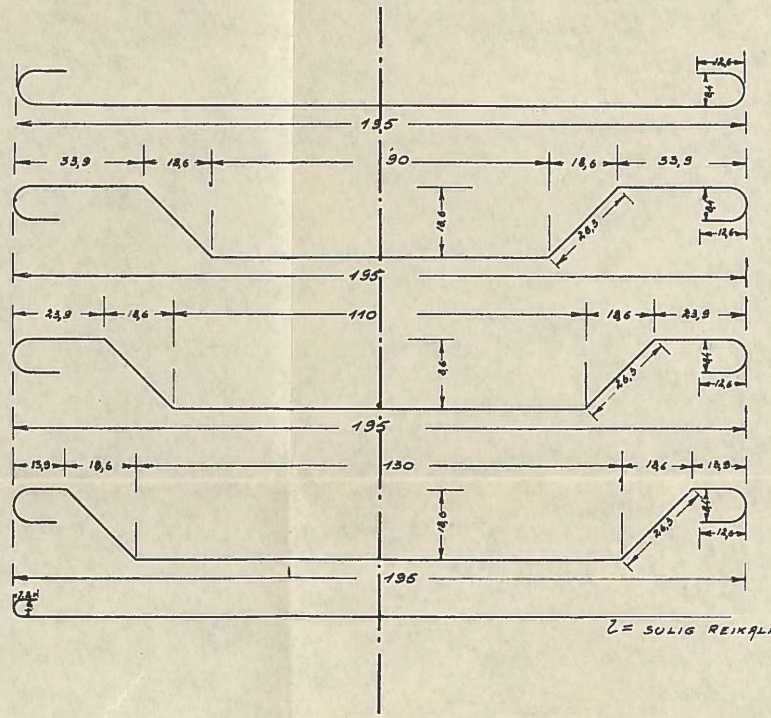
N1. l = 203 cm. d = 14 %
2ϕ KM3 1.00 MTR

N2. l = 203 cm. d = 14 %
2ϕ KM3 1.00 MTR

N3. l = 191 cm. d = 14 %
5ϕ KM3 1.00 MTR.

N4. d = 8 % 12ϕ VISAM PERDENGIMUI

264 b brėž.



N1. l = 220 cm. d = 14 %.
5ϕ KM3 1.00 MTR.

N2. l = 235 cm. d = 14 %
1ϕ KM3 1.00 MTR

N3. l = 235 cm. d = 14 %.
2ϕ KM3 1.00 MTR.

N4. l = 235 cm. d = 14 %
2ϕ KM3 1.00 MTR.

N5 d = 8 %. 15ϕ VISAM PERDENGIMUI

264 e brėž.

Paskutiniai momentų dydžiai tinka ir tuo atsitikimu, jei plokštė išsikiša konsolės pavidalo už kraštutinio balkio, ilgiu $c = 0{,}4\,a$.

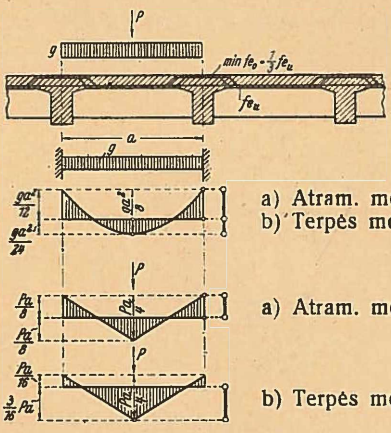
Plokštės skaičiavimas kaip nekarpytos sijos atliekamas pagal Vinklerio lenteles arba pasivaduojant trijų momentų (Klapeirono) lygtimis.

Suprastintas nekarpytai plokštei skaičiuoti būdas (pagal DIN) yra toks (taikomas, jei plokštės skaičiuojamoji terpė ne ilgesnė kaip 2 m):

Terpės ir atramų momentai pastoviam krūviui ir atramų momentai paslankiam krūviui nustatomi laikant plokštę įtvirtintą abiem galais ant gretimų atramų. Terpės momentas paslankiam krūviui nustatomas kaip vidutinis aritmetinis iš terpės momentų, kurie gaunami laikant plokštę: 1) įtvirtinta balkiuose ir 2) laisvai padėta.

Neigiamiems terpės momentams priimti turi būti padėta viršutinė armatūra, kuri turi sudaryti, mažiausiai, ⅓ apatinės armatūros piūvio.

268 e brėž., paaiškina šitą skaičiavimo būdą. Paimtas paprasčiausias atsitikimas tolygiai paskirstyto krūvio g ir vieno sutelkto ties viduriu krūvio P. Gaunami šie lenkimo momentai (268 e brėž.):



Lenkimo momentai pagal suprastintą ištisos plokštės skaičiavimą (DIN 1075). 268 e brėž.

1. Nuo pastovaus krūvio ant atramų $\frac{ga^2}{12}$ ir terpėje $\frac{ga^2}{24}$.

2. Nuo paslankaus krūvio ant atramų $\frac{Pa}{8}$ ir terpėje vidutinis aritmetinis iš $\frac{Pa}{4}$ ir $\frac{Pa}{8}$, vadinasi

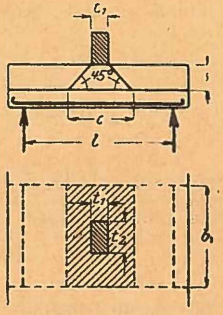
$$\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{Pa}{4}+\frac{Pa}{8}\right)=\frac{3}{16}Pa\,.$$

Momentai, kurie atsiranda dėl įtvirtinimo atskirų skersinių balkių ar plokštės dalių išilginiuose balkiuose, paramose ar pakabose, priimami speciale viršutine armatūra. Įtvirtinimo momentas, jei jis nėra išskaičiuotas, imamas lygus ⅓ — ½ maksimalio terpės momento. Kitoms briauninėms plokštėms šitas reikalavimas patenkinamas sąlyga:

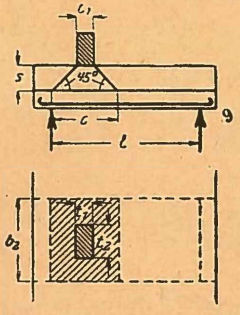
$$f_{eo}\geqq\frac{1}{3}f_{eu}\,.$$

Skaičiuojant atramines reakcijos nekarpytų plokščių ir išilginių antraeilių balkių, juos galima laikyti sukarpytais. Bet gi svarbiųjų išilginių balkių (gali būti ir plokštės ar briauninės plokštės) atraminės reakcijos skaičiuojamos, laikant balkius nesukarpytais.

Laikoma, kad sutelkta jėga pasisklaido į visas puses kampu 45° per apdaro (grindinio) sluoksnį iki plokštės paviršiaus.



269 brėž.



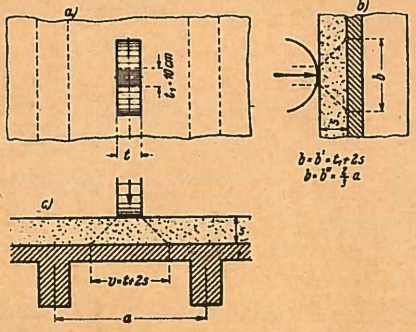
270 brėž.

Kai jėga yra ties plokštės viduriu, pasiskirstymo ilgis išilgai svarbiosios armatūros esti $c=t_1+2s$, o kryptimi paskirstomosios armatūros $b_1=\frac{2}{3}l$ arba t_2+2s, (269 brėž.) ir tų dviejų dydžių rei-

kia imti didesnį, bet b_1 neturi būti didesnis kaip 2 m, ir kai jėga esti prie atramos (270 brėž.), $c = t_1 + 2s$ ir $b_2 = \frac{1}{3}l$ arba $t_2 + 2s$.

Vokiečių DIN 1075, 6 § apie sutelktųjų krūvių ant gelžbetoninių balkinių tiltų plokščių paskirstymą, taip skamba:

Plokštė terpės a su paskirstomojo veikimo apdaru storio s arba ir be jo, esant pakankamai skersinei armatūrai, skaičiuojama kaip plokštė pločio $b = b' = t + 2s$ arba $b = b'' = \frac{2}{3}a$, su sąlyga $a'' \leqq t + 2s + 2{,}0$ (m). Iš gautųjų b ir b″ dydžių imamas didesnis (270 brėž.).



270 a brėž.

Važiavimo kryptimi t imamas = 10 cm.

Atspariosios tempiamos armatūros kryptimi krūvis paskirstomas ilgy $l + 2s$.

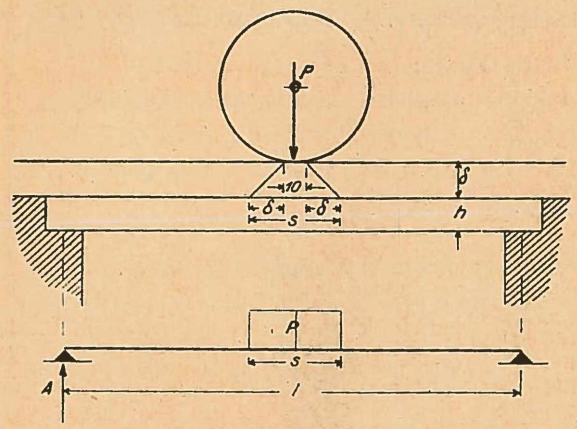
Pakankama skersine armatūra laikoma ta, kuri atitinka sąlyga $c = 0{,}10 + 0{,}1\ [b - (t + 2s)]$, kur c yra skersinė armatūra %% nuo atspariosios, vien tik ratų spaudimu reikalaujamos armatūros".

Kai jėga sutelkta plokštės viduryje, priimant domėn rato slėgimo paskirstymą per grindinį, momentas bus:

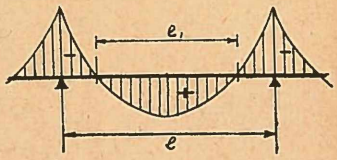
$$M_p = A\frac{l}{2} - \frac{P}{2}\frac{s}{4} = \frac{P}{8}(2.1 - s) \quad (271\ \text{brėž.}).$$

Naudingasis plokštės su svarbiąja viena kryptimi armatūra aukštis h turi būti mažiausiai = $^1/_{27}$ l. Nekarpytų arba su įtvirtintais galais plokščių h turi būti mažiausiai $^1/_{27}\ l_1$, kur l_1 — tarp mo-

mentų diagramos nulinių taškų atstumas (272 brėž.). Kur veikia didžiausi momentai, ten tarp strypų tarpas negali būti didesnis



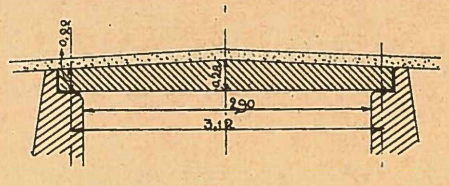
271 brėž.



272 brėž.

kaip 15 cm; paskirstomajai armatūrai reikia imti 1-am m mažiausiai 3 strypus po 7 mm.

Pavyzdys. Suprojektuoti plokštės perdengimą, kai W = 2,90 m šviesangio, apdaras — 20 cm storumo skaldos žievė (273 brėž.), krūvis — 16 tonų plentvolis ir žmonių minia 400 kg/m², dūžio koeficientas $\varphi = 1{,}4$, leidžiamieji įtempimai 45/1200 kg/cm².



273 brėž.

Plokštės storis ties viduriu priimamas 28 cm, o ant atramų — 22 cm. Skaičiuojamoji anga l = w + 22 cm = 2,90 + 0,22 = 3,12 m.

Savasis svoris g vienam m² (274 brėž.).

Skaldos žievė	0,20 × 2000 =	400 kg/cm²,
Betono 1:10 apsaugos sluoksnis .	0,03 × 2100 =	63 „
Izoliacija	=	15 „
Betono 1:3 izoliacijos sluoksnis .	0,02 × 2200 =	44 „
Plokštė vidutiniškai	0,25 × 2400 =	600 „
Viso . . .		1122 kg/cm².

Nuo savojo svorio g momentas lygsta:

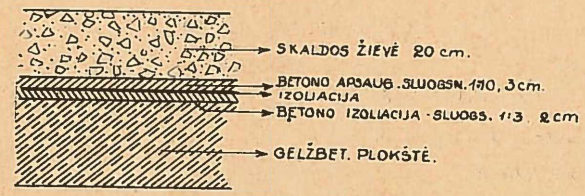
$$Mg = \frac{gl^2}{9} = \frac{1{,}122.3{,}12^2}{8} = 1{,}36 \text{ tm} = 136\,000 \text{ kg cm}.$$

Nuo paslankaus krūvio turi reikšmės tik plentvolio priekinis ratas — — 7000 kg. Rato svorio išilgai tilto paskirstymas $C = t_1 + 2s = 0{,}10 + 2.0{,}25 = 0{,}60$ m, skersai tilto — $b_1 = {}^2/_3 . l_1 = {}^2/_3 . 3{,}12 = 2{,}08$ m, bet, kadangi $> 2{,}0$ m, tai $b_1 = 2{,}00$ m. Jei rato slėgimo skersai tilto paskirstymas $b = 2{,}00$ m, tai vienam metrui nuo P teks:

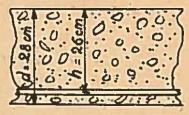
$$P = \frac{7000}{2{,}00} = 3500 \text{ kg} = 3{,}50 \text{ t}.$$

Nuo plentvolio rato krūvio momentas:

$$M_p = \frac{3500}{8} = (2.312 - 0{,}60) = 2{,}47 \text{ tm}.$$



274 brėž.



275 brėž.

Padauginus iš dūžio koeficiento:

$$\varphi M_p = 1{,}4.2{,}47 = 3{,}46 \text{ tm},$$

didžiausias momentas:

$$M_{max} = M_g + \varphi . M_p = 1{,}36 + 3{,}46 = 4{,}82 \text{ tm},$$

$$\sqrt{\frac{482000}{100}} = 69{,}3 \qquad d = 28 \text{ cm},$$

naudingasis aukštis h yra = 28 — 2 = 26 cm (275 brėž.)

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{26}{69{,}3} = 0{,}375.$$

Pagal lentelę $r = 0{,}375$ atitinka $\sigma_b = 45$ kg/cm², o $f_e = 0{,}00253.100.693 = 17{,}55$ cm³.

imama 10 str. 14 m/m; $f_e = 15{,}39$ cm²,
2 str. 12 m/m; $f_e = 2{,}26$ „ ,
$17{,}55$ cm².

Patikrinimas:

$$x = \frac{nf_e}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2.b.h}{nf_e}} - 1\right] = \frac{15.17{,}65}{100}\left[\sqrt{1 + \frac{2.100{,}26}{15.17{,}75}} - 1\right] = 9{,}08 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{2M}{b.x\left(h - \frac{x}{3}\right)} = \frac{2.482000}{100.9{,}08\left(26 - \frac{9{,}08}{3}\right)} = 46{,}6 \text{ kg/cm}^2$$ (mažai prašoka 45 kg/cm).

$$\sigma_e = \frac{M}{f_e\left(h - \frac{x}{3}\right)} = \frac{482000}{17{,}65\left(26 - \frac{9{,}08}{3}\right)} = 1185 \text{ kg/cm}^2 .$$

Didžiausia skersinė jėga nuo savojo svorio bus:

$$Q_g = A_g = \frac{1{,}12 \times 3{,}12}{2} = 1{,}75 \text{ t}$$

nuo paslankaus krūvio:

$$Q_p = P = \frac{7000}{1{,}50} = 4670 \text{ kg}, \quad b_1 = t_2 + 2s = 1{,}00 + 2.0{,}25 = 1{,}50 \text{ m},$$

$$\varphi . Q_p = \varphi P = 1{,}4 . 4{,}67 = 6{,}54 .$$

Bendra didžiausia skersinė jėga bus:

$$Q_{max} = Q_g + \varphi Q_p = 1{,}75 + 6{,}54 = 8{,}29 \text{ t}$$

ir šlities įtempimas τ

$$\tau = \frac{Q_{max}}{b.z} = \frac{8290}{100.17{,}6} = 4{,}7 \text{ kg/cm}^2 < 6{,}0 \text{ kg/cm}^2 ,$$

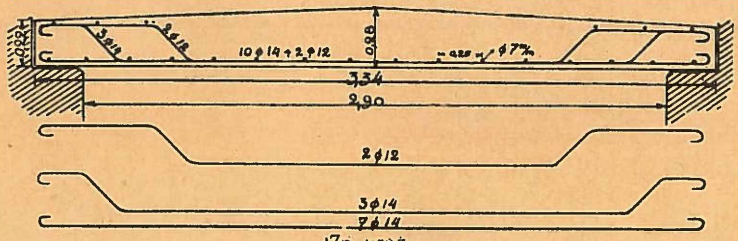
$$z = h - \frac{x}{3} = 20 - 2{,}40 = 17{,}60 ,$$

$$h = d - a = 22 - 2 = 20 \text{ cm} ,$$

$$x = 0{,}36 . 20 = 7{,}20 \text{ cm} ,$$

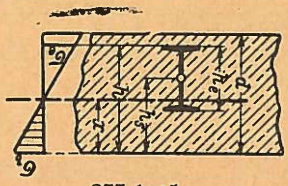
$$\frac{x}{3} = \frac{7{,}20}{3} = 2{,}40 \text{ cm} .$$

Konstruktyviniu žvilgsniu reikia išlenkti:
2 str. 12 mm ir 3 str. 14 mm (276 brėžiny matyti visą plokštės armatūrą)



276 brėž.

Kai į plokštę dedama tvirta armatūra, vadinasi, dvitauriniai balkiai, arba bėgiai, tada taip skaičiuojama (277 brėž.):



277 brėž.

$$x = \frac{n . f_e}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2 . b . h_\rho}{n f_e}} + 1\right],$$

kur h_ρ = atstumas nuo geležinio balkio centro svorio iki plokštės paviršiaus.

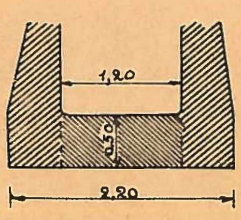
Pagal prof. Saliger'į turime:

$$I = \frac{bx^3}{3} + n\,I_e + nf_e\,(h_\rho - x)^2;$$

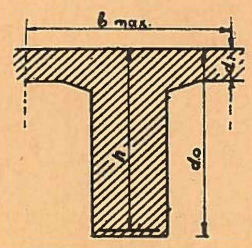
$$\sigma_b = \frac{Mx}{I}; \quad \sigma_e = \frac{n(h-x)}{x}; \quad \sigma_b = \frac{nM(h-x)}{I}.$$

Jei ties plokštės viduriu pastatoma dar viena atrama ir aukščiau atramos susidaro neigiamųjų momentų, tada reikia dėti armatūrą viršutinėje zonoje.

Apytikriai skaičiuojant galima laikyti, kad plokštė yra perpiauta ant vidurinės atramos, tada teigiamus momentus galima padauginti iš 0,8, o neigiamieji bus arti 1½ karto didesni už teigiamus.



278 brėž.



278 a brėž.

Tais atsitikimais, kai ramtai esti sujungti pamato plokšte, tada plokštę galima apskaičiuoti laikant, jog ji laisvai guli ant dviejų atramų, o skaičiuojamąja anga imti šviesangį.

Pavyzdys. Šviesangis — 1,20 m, visas plotis. — 2,20 m (278 brėž.)
Konstrukcijos svoris — 6000 kg/m.
Paslankus krūvis — 2000 kg/m²,
Bendras krūvis ant žemės:

$$P = 1{,}0.2{,}2.6000 + 2000 = 15200\ \text{kg};$$

$$P_{\text{žem}} = \frac{15200}{100.220} = 0{,}69\ \text{kg/cm}^2.$$

Lenkimo momentas $M = \frac{0{,}69 \cdot 120^2 \cdot 100}{8} = 124\,000$ kg/cm.

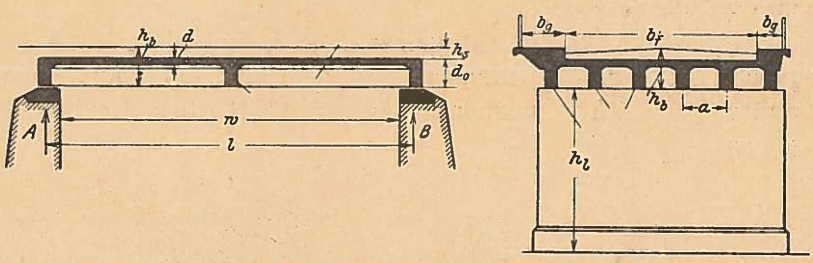
Atsparumo momentas $W = \frac{1}{6}.100.50^2 = 41600\ \text{cm}^3$.

Įtempimas $\sigma_b = \frac{124000}{41600} = 2{,}98\ \text{kg/cm}^2$.

78. Briaunine plokštė.

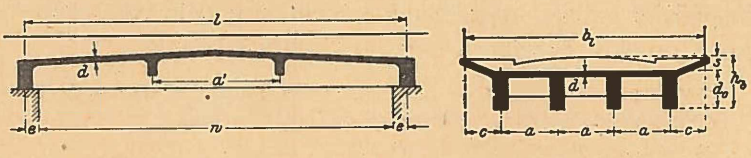
Kai angos nuo 4 iki 20 m, tąsyk konstrukcija turi turėti nuo 0,40 iki 2,00 m aukščio. Kad sumažinus savąjį svorį ji paskirstoma į balkius ir plokštę. Daugiausiai betoninių balkinių tiltų esti su briaunine plokšte.

Paprastai išilginės svarbiosios sijos laisvai guli ant ramtų ar taurų, pagalba judomųjų ir nejudomųjų atraminių dalių; konstrukcija yra statiškai išsprendžiama, kas duoda jai pirmenybę prieš kitas konstrukcijas. Be to, ši konstrukcija svarbi dar tuo, kad svarbiosios sijos gali nekliudomai sekti eventualį ramtų nusėdimą, kuris gali atsitikti, kai esti blogas ar silpnas gruntas, nes nuėmus pastolius, ramtai staiga gauna didelį savojo tilto svorio krūvį.



279 brėž.

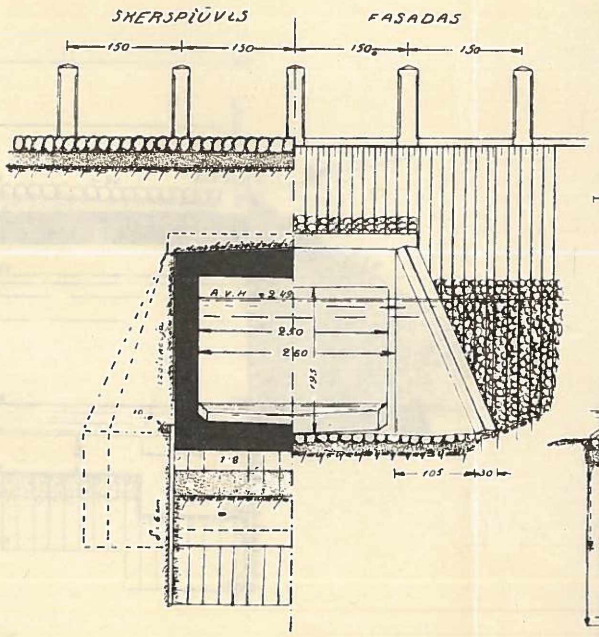
Briauninė plokštė esti raidės T formos; ji sudėta iš briaunos ir prie jos prijungtos plokštės. 278 a, 279, 280 brėž. duoti paprastų balkinių perdengimų pavyzdžiai, ir jųjų dalių pažymėjimas.



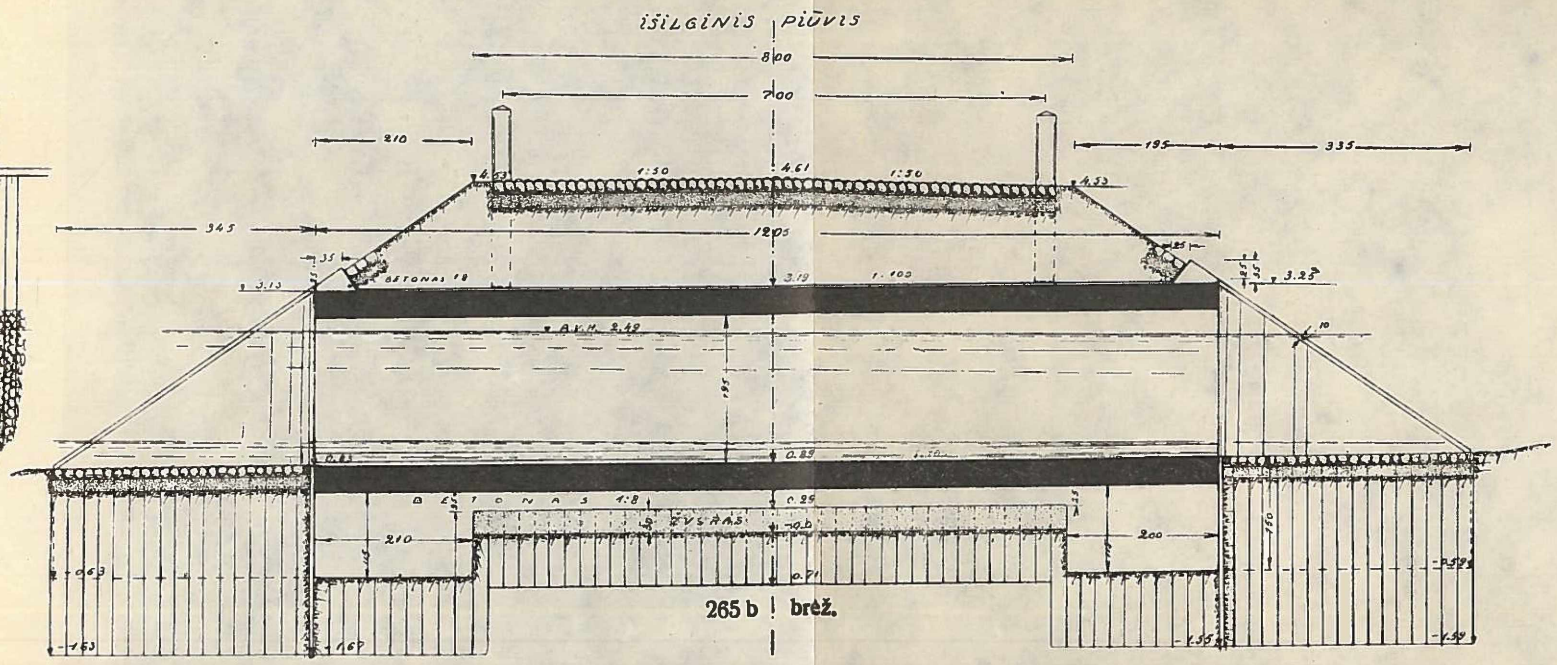
280 brėž.

Čia pažymėta: l — skaičiuojamoji ąanga,
w — šiesangis,
b_1 — tilto šviesusis plotis,
h_b — važiuojamosios dalies konstrukcinis aukštis — atstumas apdaro viršaus nuo konstrukcijos apačios,
d_0, b_0 — svarbiojo balkio aukštis ir plotis,
a — balkių tarpusavio atstumas,
c — plokštės nuosvyra (konsolės ilgis),
d — plokštės storis ir
a′ — atstumas tarp skersinių balkių

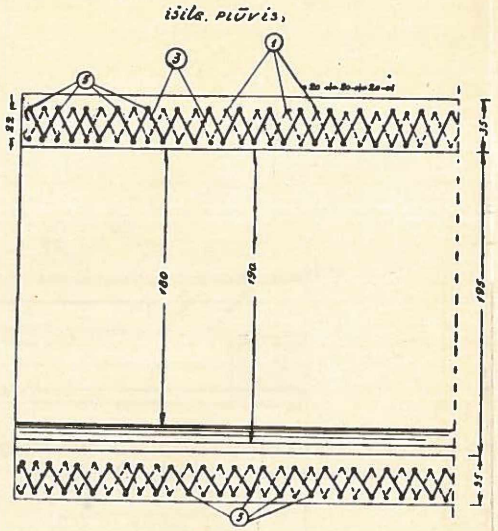
RĖMINIS PLOKŠTĖS PERDENGIMAS



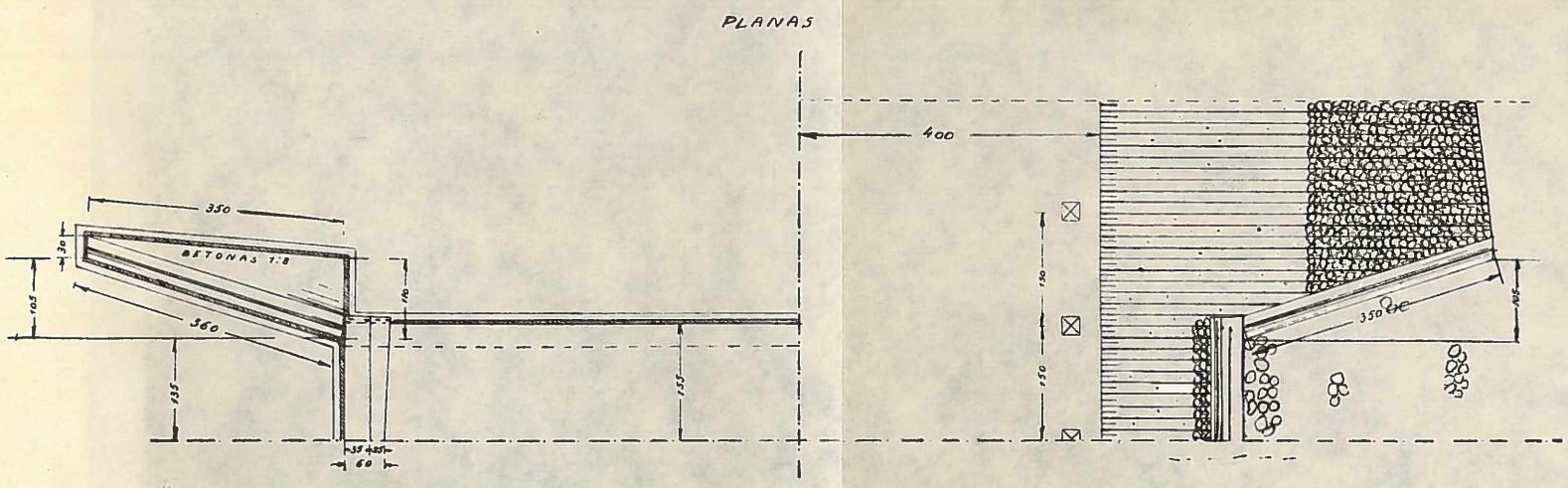
265 a brėž.



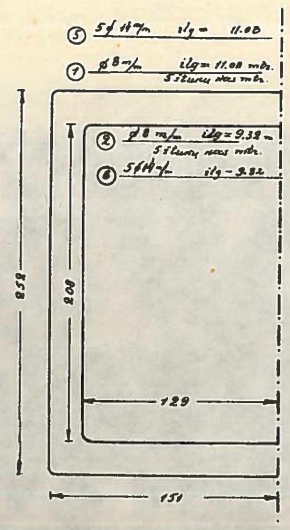
265 b brėž.



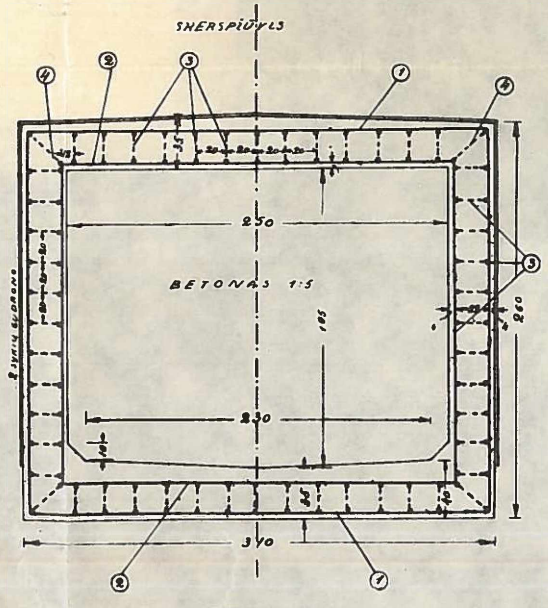
265 c brėž.



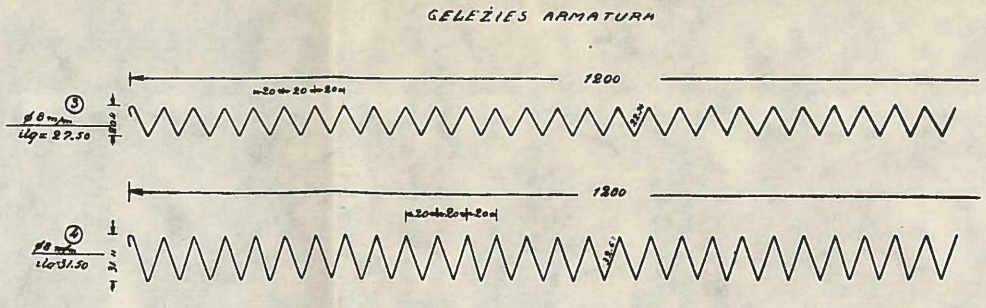
265 d brėž.



265 e brėž.

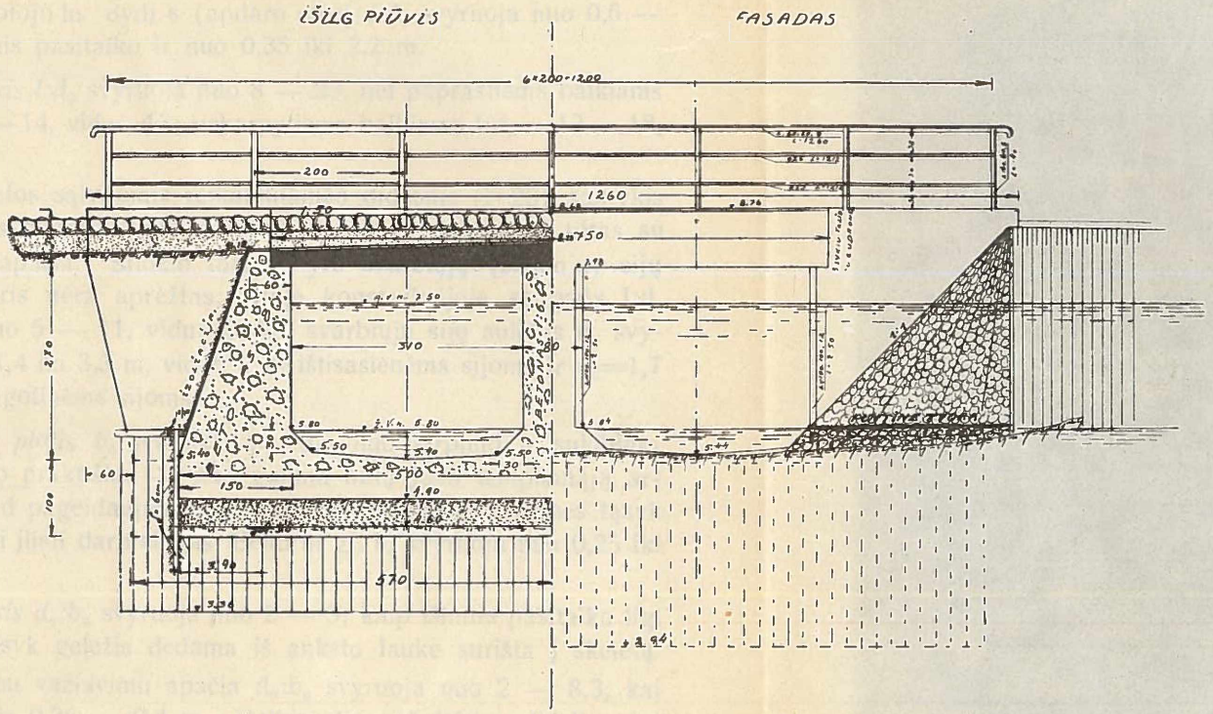


265 f brėž.

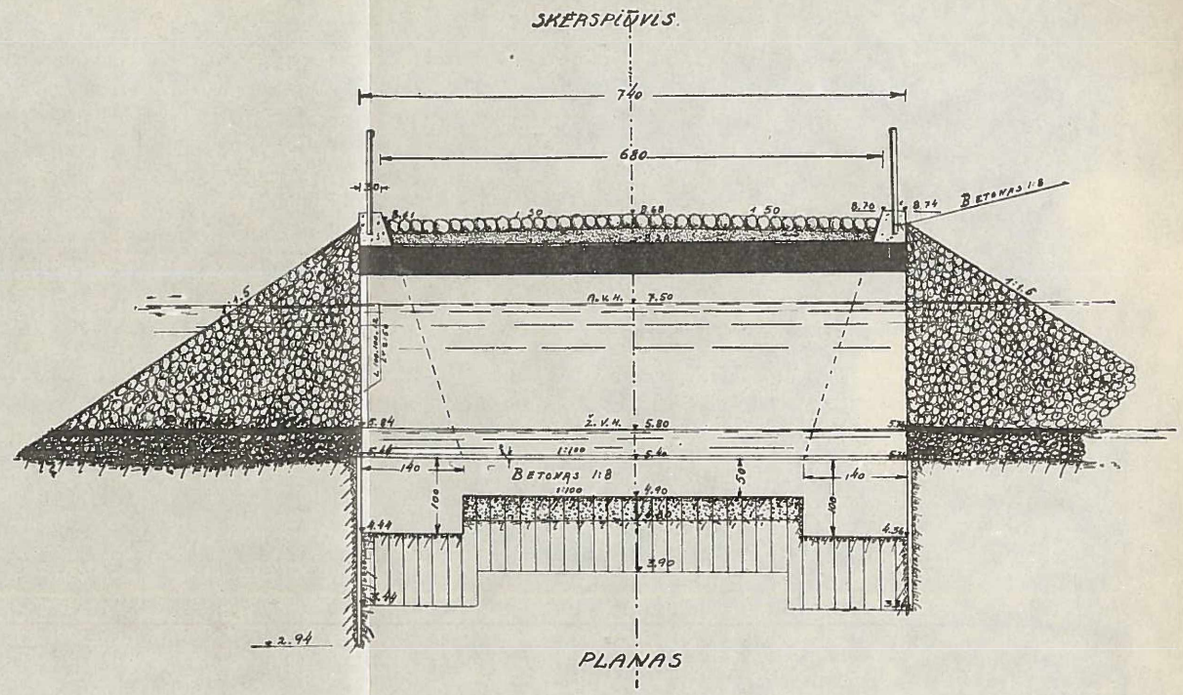


265 g brėž.

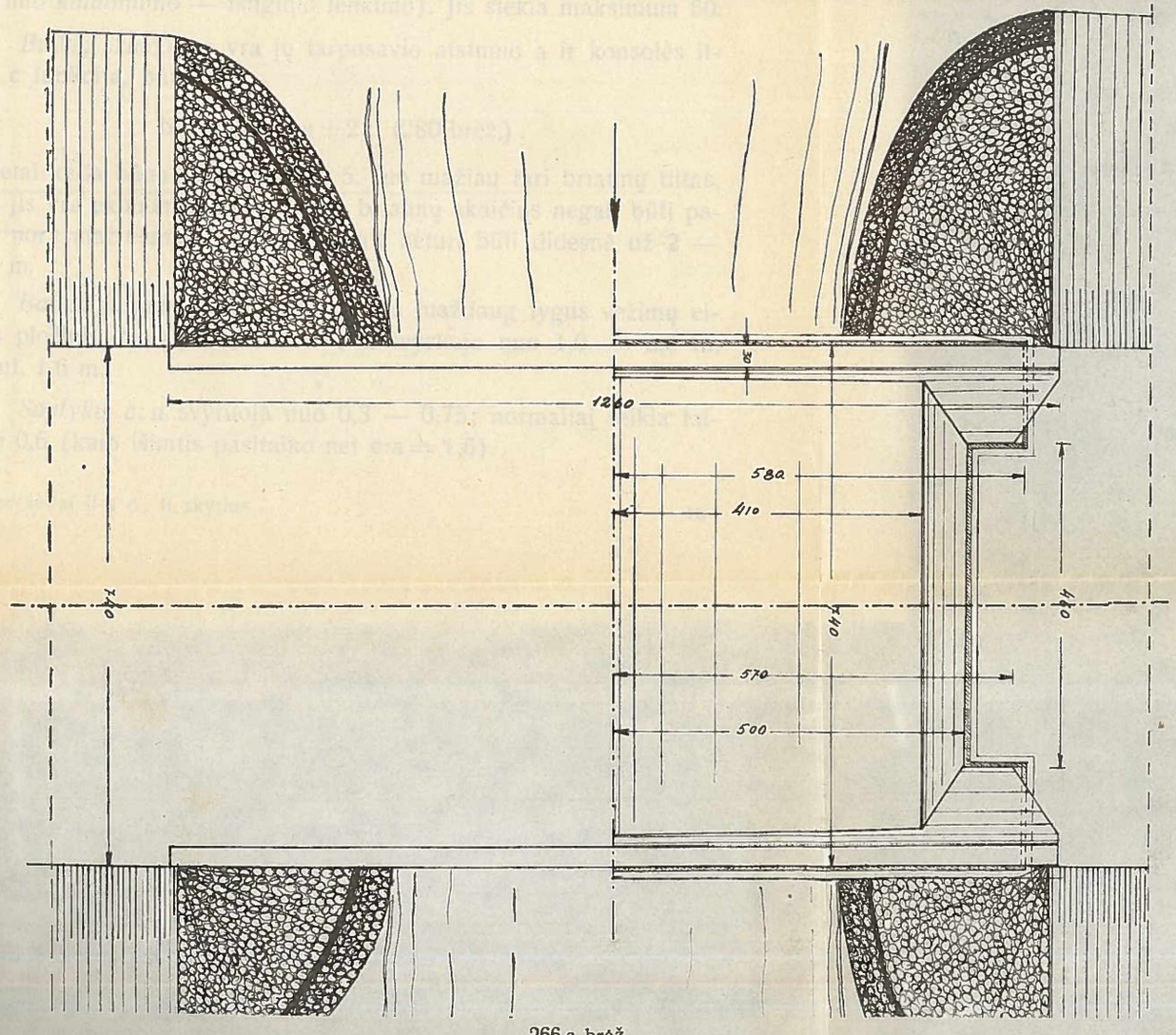
NEKARPYTOS PLOKŠTĖS PERDENGIMAS



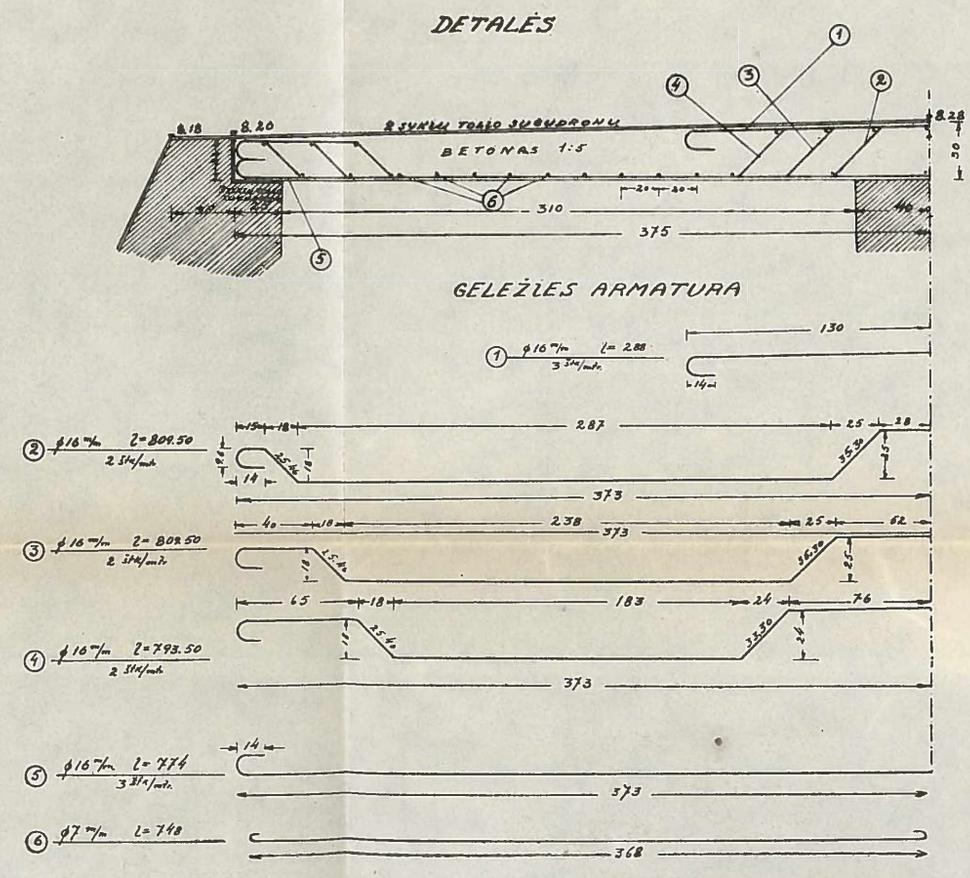
266 a brėž.



266 b brėž.



266 c brėž.



266 d brėž.

Balkių aukštis d_0 tiltams su važiavimu apačia nustatoma atimant iš duotojo h_b dydį s (apdaro storį); d_0 svyruoja nuo 0,6 — 1,80; kartais pasitaiko ir nuo 0,35 iki 2,2 m.

Santykis $l:d_0$ svyruoja nuo 8 — 23, bet paprastiems balkiams $l:d_0 = 10 — 14$, vidut. 13; nekarpytiems balkiams $l:d_0 = 12 — 18$, vidut. 15.

Jei vietos sąlygomis reikalaujamas didesnis (> 20) santykis $l:d_0$ (mažas konstrukcinis aukštis), tąsyk reikia statyti tiltas su važiavimu apačia. Šitokio tilto d_0 yra svarbiųjų (sienin'ų) sijų aukštis, kuris nėra aprėžtas; šitoje konstrukcijoje santykis $l:d_0$ svyruoja nuo 5 — 11, vidut. 8, kai svarbiųjų sijų aukštis d_0 svyruoja nuo 1,4 iki 3,3 m, vidut. 2 m ištisasienėms sijoms ir $d_0 = 1,7$ iki 3,2 spragotinėms sijoms.

Balkių plotis b_0 teoriškai pareina nuo kirpimo ir sukibimo įtempimų, o praktiškai — kad galima būtų įdėti tempiamąją armatūrą. Tad pageidaujama b_0 ne mažesnis kaip 40 cm, nes tąsyk į formą gali įlisti darbininkas. Bendrai gi, b_0 svyruoja nuo 0,25 iki 0,50 m.

Santykis $d_0:b_0$ svyruoja nuo 2 — 3; kaip išimtis pasitaiko ligi 6,3. Bet tąsyk geležis dedama iš anksto lauke surišta į skeletą.

Tiltų su važiavimu apačia $d_0:b_0$ svyruoja nuo 2 — 8,3, kai balkių plotis 0,35 — 0,4 m. Balkiai čia gali būti nedidelio platumo, nes jie betonuojami pamažėl, išvedant aukštyn klojinį. Šitiems balkiams turi didelės reikšmės santykis $l:b_0$ (kad apsaugojus nuo kniubinimo — išilginio lenkimo). Jis siekia maksimum 60.

Balkių skaičius n yra jų tarpusavio atstumo a ir konsolės ilgio c funkcija, būtent

$$b_l = (n — 1)\,a + 2c \quad (280\ brėž.).$$

n retai kada būna didesnis kaip 5. Juo mažiau turi briaunų tiltas, tuo jis yra ekonomiškesnis, tačiau briaunų skaičius negali būti pagal norą mažinamas: plokštės terpė neturi būti didesnė už 2 — 2,5 m.

Balkių tarpusavio atstumas a yra maždaug lygus vežimų eigos pločiui. Pastatytuose tiltuose a svyruoja nuo 1,0 — 2,0 m, vidut. 1,6 m.

Santykis c: a svyruoja nuo 0,3 — 0,75; normaliai reikia laikyti 0,6 (kaip išimtis pasitaiko net $c:a = 1,6$).

Plokštės storis d pareina nuo balkių tarpusavio atstumo a, nuo paslankiųjų krūvių ir nuo važiuojamosios dalies apdaro storumo.

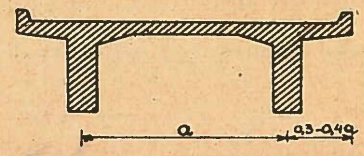
Dažniausiai vartojamos tokio storumo plokštės:

Pėstiems eiti ir lengvi vieškelių tiltai	8 — 15	vid. 13 cm.
Plentų ir vieškelių tiltai	12 — 16	„ 15 „
Miestų tiltai	14 — 20	„ 17 „

Santykis a:d svyruoja nuo 5 — 12, kaip išimtis pasitaiko net 17 — 25.

Briauninė plokštė kaip balkio dalis gauna gniužimo įtempimą, be to, plokštė veikia dar kaip nekarpyta daugelio atramų plokštė, turinti ant balkių paramas.

Daugumas gelžbetoninių sauskelių tiltų turi išvaizdą briauninės plokštės su važiavimu viršumi, kuri sudėta iš pačios plokštės ir sujungtų su ja į vieną statišką kūną balkių (vadin. briaunų). Šitų balkių skaičius ir išdėstymas turi didelės reikšmės konstrukcijos ekonomingumui. Plokštė ne tik suriša balkius, bet ji statiškai įliejama į važiuojamąją dalį, kad gavus mažesnį tilto svorį. Ji guli ant lygiagrečių balkių (briaunų), kurių tarpusavio atstumas svyruoja nuo 1,2 iki 1,8 m, vidut. 1,5 m. Jei išilginių balkių didesnis tarpusavio atstumas, tąsyk jiems statmena kryptimi įtaisomi skersiniai balkiai, kurie suriša juos ir plokštę į standžią sistemą. To, dėka lygiau paskirstomas balkiams paslankiųjų krūvių svoris. Šitie skersiniai balkiai (antraeilės sijos) naudingi ir nedideliems briaunų tarpusavio atstumams esant, tad patariama juos įtaisyti per 3 —



281 brėž.

281 a brėž.

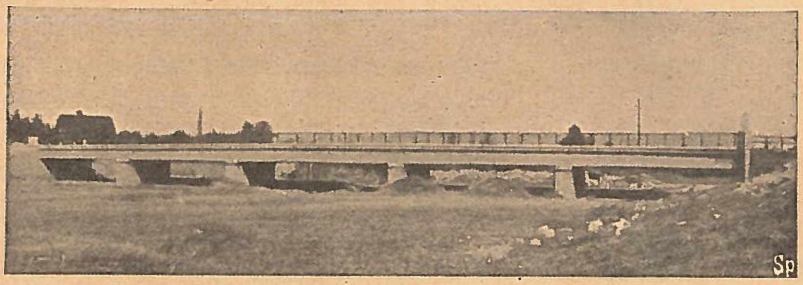
5 m, taip kad jų viršus būtų horizontalėje plokštumoje, einančioje per išilginių balkių armatūrą. Taip pat juos naudinga įtaisyti ant atramų, kame jie priima horizontales jėgas ir, be to, atskiria plymo žemę nuo gelžbetonio.

Po šaligatviais jiems gali būti duodami didesni tarpusavio atstumai; dažnai ten juos pakeičia konsolinės plokštės. Konsolės yra labai ekonomiška priemonė, nes galima daryti siauresnes atramas, be to, esant konsolėms, kraštutinių balkių apkrovimas mažiau ski-

riasi nuo kitų balkių apkrovimo; taip pat mažiau įtempiama gretimose terpėse plokštė. Konsolės ilgis normaliai esti 0,3 — 0,4 briaunų atstumo.

Tiltų su važiavimu apačia (236 a brėž.) svarbiųjų sijų atstumas gali būti sumažintas ligi 0,6 normalinio pločio šviesoje (b_1), jei šaligatviai bus iškelti į konsules.

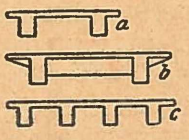
Reikia nurodyti, jog išsikišanti už tilto šoninio paviršiaus plokštė yra gera tiltui pagražinti archtektūrinė priemonė, nes kon-



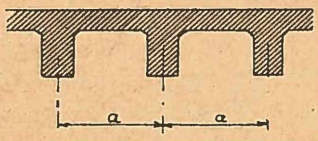
281 b brėž.

solinių plokščių šešėlis sąryšy su lengvais geležiniais turėkliais pabrėžia ramų masyviškų tiltų konturų estetiškumą (281 b brėž.). Atvaizduota 452 brėž. konsolinė plokštė su paramsčiais yra taip pat ramus ir dailus tilto pagražinimas.

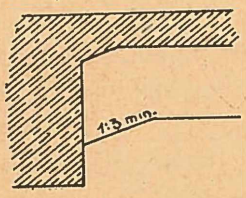
Be normalių gniužamųjų ir tempiamųjų įtempimų dar veikia didesni ar mažesni skėlimo įtempimai, kurie stengiasi atskirti briauną nuo plokštės. Skeliamieji įtempimai, daugiausiai, pareina nuo paslankaus krūvio.



282 a, b, c brėž.



283 brėž.



283 a brėž.

281 a, b, c brėž., parodyti įvairių balkinių perdengimų piūviai (su 2 ir daugiau balkių). Tarp briaunų centrų atstumas a statišku atžvilgiu yra vienas iš svarbiausių tilto matavimų (283 brėž.). Nustatant tarp briaunų atstumą, nustatoma ir plokštės terpė ir jos storis, tatai turi didelės reikšmės tilto savajam svoriui; be to, apkrovimo juostos plotis bus lygus a.

Kai perdengimas esti sudėtas iš keleto svarbiųjų sijų, kurios guli paprastai per 1,2 - 1,8 m, vid. 1,6 m, viena nuo kitos, tąsyk plokštė dedama ištisai per visas sijas. Kai plokštė guli ant išilginių ir skersinių balkių, tada ji gali atsiremti visais keturiais kraštais.

Balkių aukščiui padidinti, neigiamiems momentams ir skersinėms, jėgoms priimti daromi vutai, kurių nuolaidumas turi būti ne mažiau kai 1:3 (283 a brėž.).

Dabar tiltams su važiavimu viršumi stengiamasi, kiek galima, sumažinti briaunų skaičių, kad papiginus pastolius ir klojinius. Mažinant briaunų skaičių savaime didėja jų aukštis, tad mažinti tegalima tik tada, kai yra pakankamas konstrukcinis aukštis. Pradėta plačiai taikyti plokštė su kryžmine armatūra tinka ten, kur esti didesni tarp briaunų nuotoliai ir kur mažiau briaunų; paprastai vartojama vienos krypties atsparioji armatūra papigina statybą.

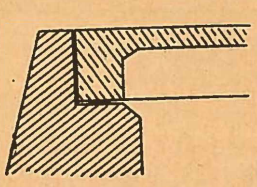
Užleidus plokštę, reikia stengtis, kad konsolės būtų gerai surištos armatūra su plokšte (281 a brėž.).

Dažniausiai ant atramų dedamas keturkampio piūvio skersinis balkis, dėl to gaunamas geras atraminės reakcijos paskirstymas (284 brėž.). Kad tilto ramtų atraminės plokštumos priekinė dalis negautų per didelio įtempimo, atraminė reakcija turi praeiti nuo krašto mažiausiai atstu (metrais) $e = 0{,}20 + 0{,}015\,w$. Tada briauninių plokščių skaičiuojamoji anga bus $l = w + 2e = 1{,}03\,w + 0{,}40$.

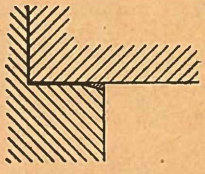
Tiltams su važiavimu apačia e turi būti paimtas ne mažesnis kaip 0,5 m, tąsyk

$$l \geqq w + 1{,}0\,.$$

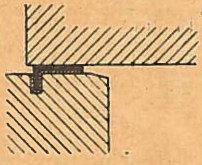
Tais atsitikimais, kai perdengimas laisvai guli ant atramų, tilto krūvis vertikaliai perduodamas per atramines dalis ramtams ir taurams nustatytame plote. Be to, atraminės dalys turi leisti



284 brėž.



285 brėž.



285 a brėž.

laisvai pasisukti balkio galams nuo įlinkimo, veikiant bet kuriam krūviui ir, kai didelės angos, leisti horizontaliai pasislinkti balkių

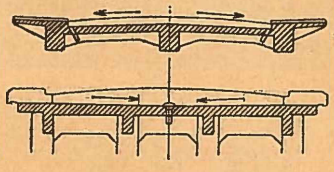
galams, veikiant temperatūrai. Tad viename tilto gale įtaisoma judomoji atraminė dalis, kuri duoda mažesnį pasipriešinimą svarbiųjų sijų galams pasislinkti. Tąsyk kito galo atraminė dalis turi būti taip įrengta, kad galėtų išlaikyti visas veikiančias horizontales jėgas.

Paprastiems, iki 8 m, tiltams ypatingų atraminių dalių nevartojama; tada dedama vienas arba du lapai toliaus, išlyginus cemento skiediniu atraminę plokštumą. Kiek didesnėms angoms dedamos švininės ar plieninės atraminės plokštės (285, 285 a brėž.).

Be paprastųjų, ant dviejų atramų, balkių didelėms angoms dažnai vartojami vadinamieji balkiai su konsolėmis. Jei šitie balkiai nesujungti su atramomis, tai irgi statiškai išsprendžiami. Jie daugiausiai vartojami ten, kur reikalingas mažas konstrukcinis aukštis tilto viduryje, kur nepatikimas skliautiniam ar rėminiam tiltui gruntas, arba, kur brangiai kaštuoja pastatyti ramtas (286 brėž.). Šitie tiltai yra labai ekonomiški.

Kartais, negalima statyti paprastų balkinių tiltų su didesnėmis kaip 8 — 15 m angomis dėl jų per didelio konstrukcinio aukščio. Kai negalima pastatyti nekarpytos konstrukcijos per keletą atramų arba norima išvengti brangių arkinės sistemos atramų, tąsyk statomi balkiniai tiltai su važiavimu apačia. Tiltai su važiavimu apačia statomi tik iki 20 m angos, nes didesnės angos balkio aukštis ir svoris esti per dideli. Jie apskaičiuojami panašiu būdu, kaip ir vienarūšiai geležiniai balkiniai tiltai. Duodant bal-

286 brež.

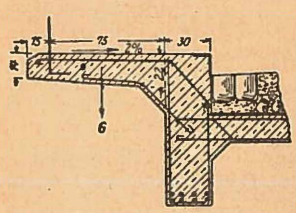


287 ir 288 brėž.

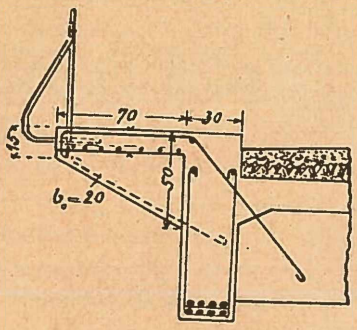
kiniams tiltams skersinius nuolaidumus, galima vandenį nuleisti pro bordiurus (287 brėž.) arba viduryje (288 brėž.). Paskutinė konstrukcija tinka tik visai siauriems tiltams.

Šaligatviai guli ant specialinių išilginių balkių arba ant konsolių. Kada šaligatviai konsolinės formos, tada plokštė eina ištisai (289 e brėž.) arba dedama tarp konsolinių balkių (290 brėž.). Kai konsolė iki 0,50 m, tada ją galima dar padaryti be armatūros (291 brėž.). Konsolėse tempiamoji armatūra guli visuomet viršutinėje zonoje (292 brėž.).

Balkiniams perdengimams statomi įvairių sistemų pastoliai, būtent: paprastų statramsčių, ramstiniai ar kombinuoti ramstiniai

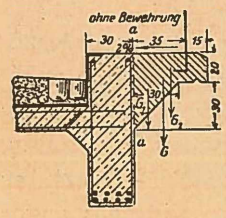


289 brėž.



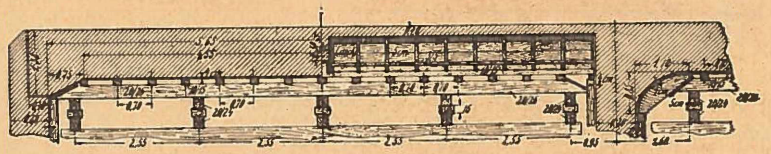
290 brėž.

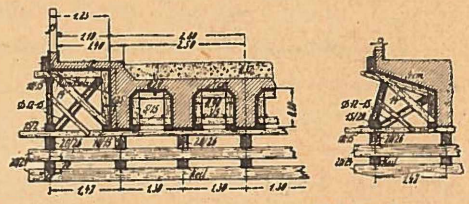
ir kabantieji. Paprasti statramsčių pastoliai vartojami ten, kur užtektinai aukšta vieta ir geros sąlygos. Tačiau, kai sunkios statybos apystovos, pav.: yra gilus vanduo, plati laivams praplaukti anga ir kt., tada vartojami ramstinės sistemos pastoliai, tąsyk reikia panaikinti skėtimo jėgą, pav., jei atramos nepakankamai tvirtos, įtaisyti stygą. 293 brėž. duotas pavyzdys balkinio tilto klojinių; įdomūs konsulių klojiniai. Vaisk. brėžinių lape, 294 brėž., parodytas balkinis tiltas, pastatytas 1928 metais Žarenuose, Šiaulių kelių rajone. Tilto šviesangis — 7,50 m, skaičiuojamoji anga — 8,00.



291 brėž.

292 brėž.



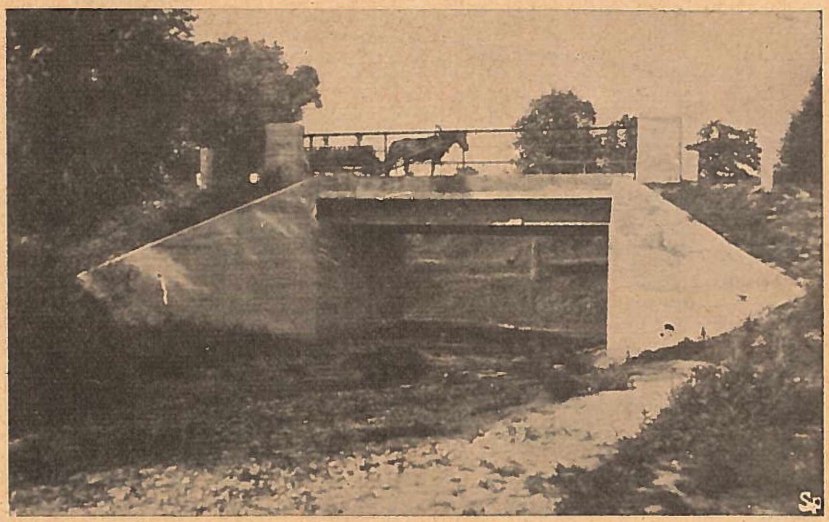


293 brėž.

Perdengimo sistema — du balkiai 4,00 m atstumo. Važiuojamosios dalies plotis — 4,90 m. (294 a brėž.). Atramos betoni-

nės, nuo vandens horizonto 2 m gilumo. 294 b, 294 c brėž. parodyta perdengimo armatūra — kaip išilginė, taip ir skersinė. Išilginiai balkiai turi viduryje 12 str. 32 mm, iš kurių 5 str. 32 mm išlenkti šlities įtempimams priimti. 294 d, e, f, brėž. duotos armatūros ir balkių detalės. 294 d brėž. matyti balkio atraminė dalis — geležinė 2 cm storio plokštė, kuri slankioja ant įbetonuoto bėgio. Tiltas yra apskaičiuotas lengvam apkrovimui (7 tonų plentvolis).

Tame pat lape, 295 brėž. parodytas balkinis tiltas, pastatytas 1928 m. ties Rumšiškių miesteliu. Tilto šviesangis — 7,50 m. Važiuojamosios dalies platumas 6,50 m. (295 a brėž.). Perden-

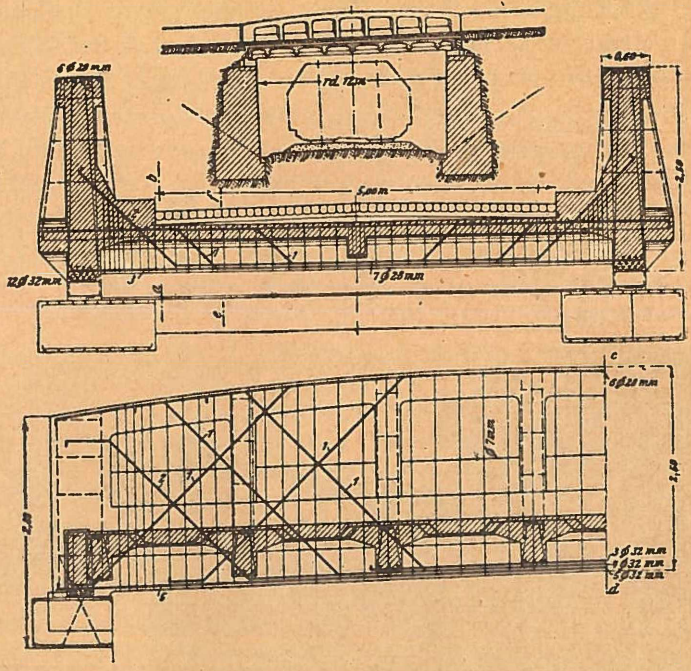


295 b brėž. Rumšiškių miestely tiltas.

gimo skerspiūvis — 4 balkiai, per 1,75 m viens nuo kito. Atramos betoninės, pastatytos ant polių. Sparnai įžulnūs, kad apsaugojus atramą nuo paplovimo, pastatyti irgi ant polių. 295 b brėž. matyti tilto vaizdas.

296 brėž. parodytas tiltas su važiavimu apačia. Šviesangis — 12,30 m. 296 a — tilto išilginis piūvis, o 296 b — skersinis piūvis. Balkių aukštis ties viduriu 2,60 m. Armatūra viršuje — 6 apv. str. 28 mm, o apačioje 3 apv. str. 32 mm + 4 apv. str. 32 mm + + 5 apv. str. 32 mm.

Tiltas su važiavimu apačia



296 brėž. 296 a ir b brėž.

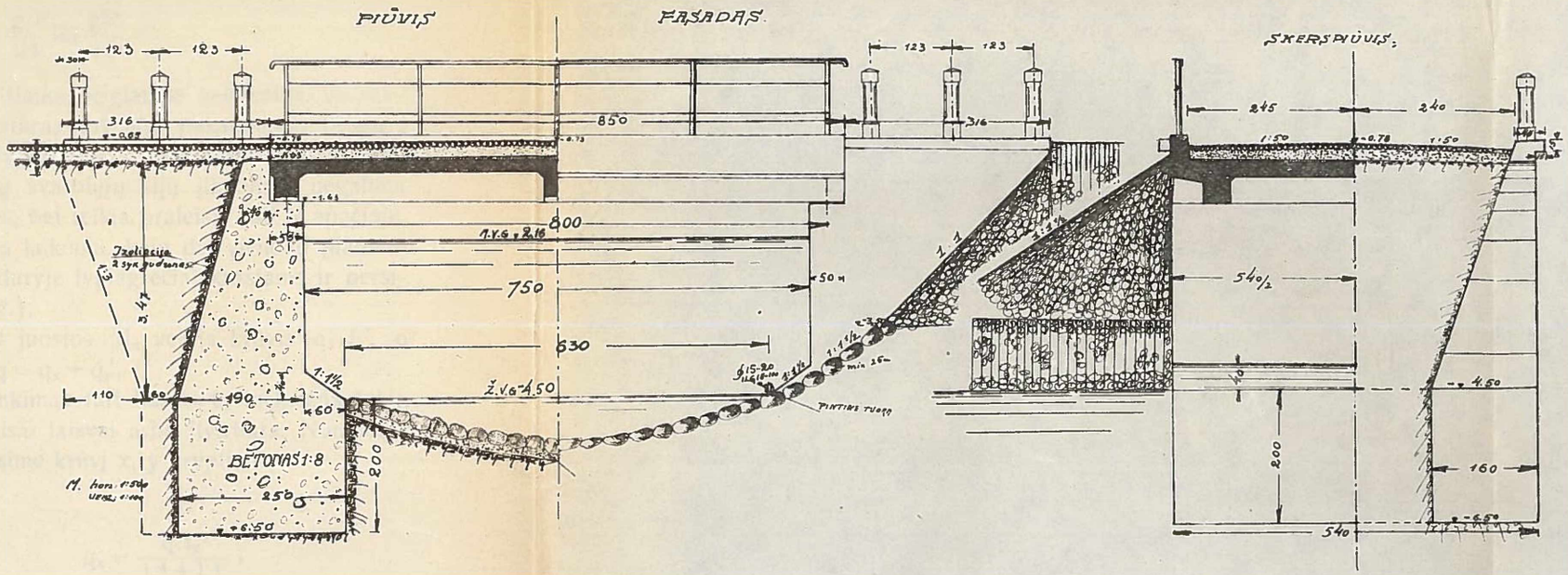
Statiško skaičiavimo pamatas.

Važiuojamosios dalies plokštė turi perduoti visą krūvį balkiams, be to, ji tarnauja kaip gniūžimo juosta balkiams, ir kai nėra skersinių balkių — duoda ir reikiamą standumą.

Kai, esant atskiroms sijoms, važiuojamąją dalį sudaro skersiniai balkiai ir plokšė, tada plokštė dedama ištisai per skersinius balkius, kurie turi būti konstruktyviai gerai įtvirtinti į svarbiasias sijas (255 brėž.). Tą galima pasiekti išlenkus skersinių balkių strypus, įleidus į svarbiasias sijas, armatūrą padėjus viršutinėje ir apatinėje juostoje ir įtaisius vutus.

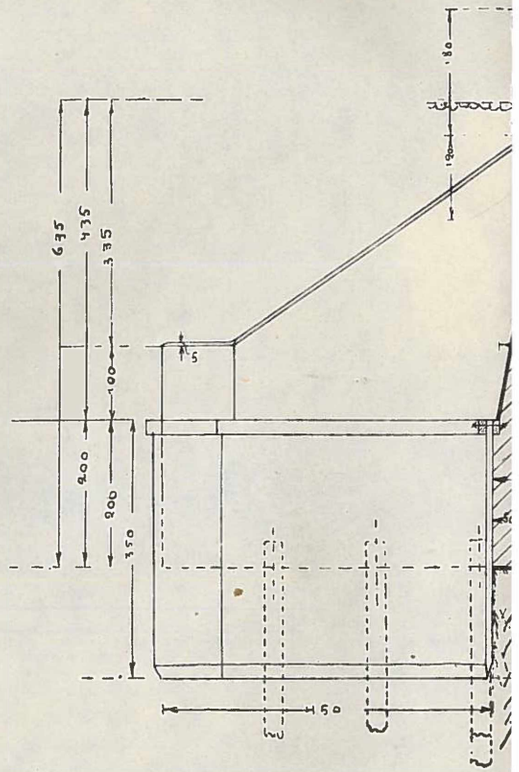
Paskirstant išilginius ir skersinius balkius kartais naudinga sudaryti tokią vižuojamosios dalies sistemą, kad plokštė gulėtų visais keturiais šonais arba įtvirtintais galais; tačiau tatai galima tik tada, kai vienas šonas neilgesnis už kitą daugiau kaip 1,5 syk. Kai šonų santykis esti toks, jog šonas a $>$1,5 b, tada plokštė skaičiuojama, kaip einanti ištisai per svarbiuosius balkius.

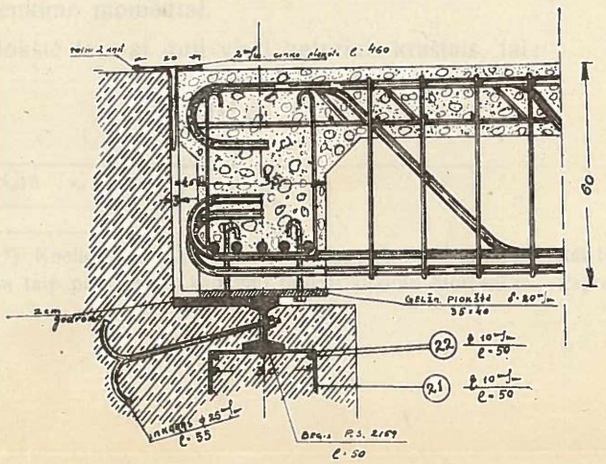
BRIAUNINĖS PLOKŠTĖS PERDENGIMA



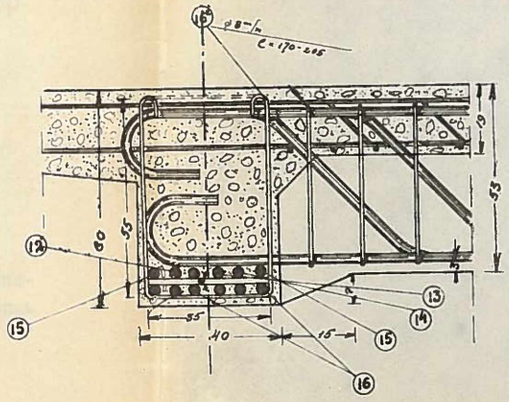
294 brėž.

294 a brėž.

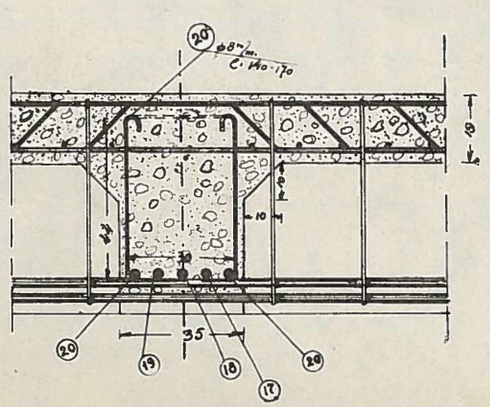




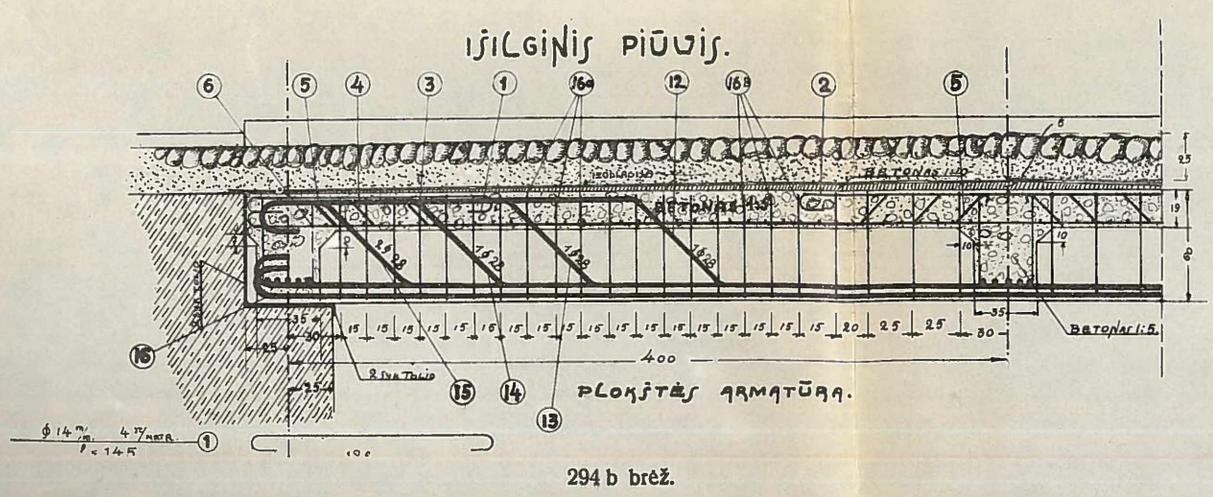
294 d brėž.



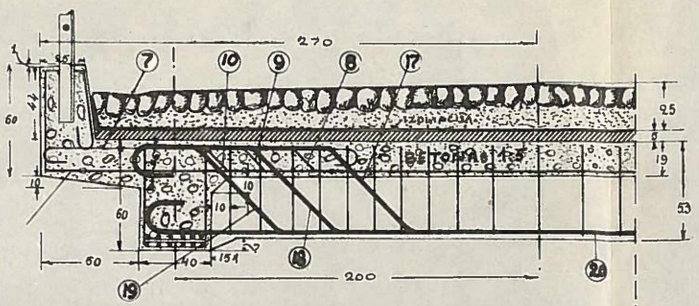
294 e brėž.



294 f brėž.

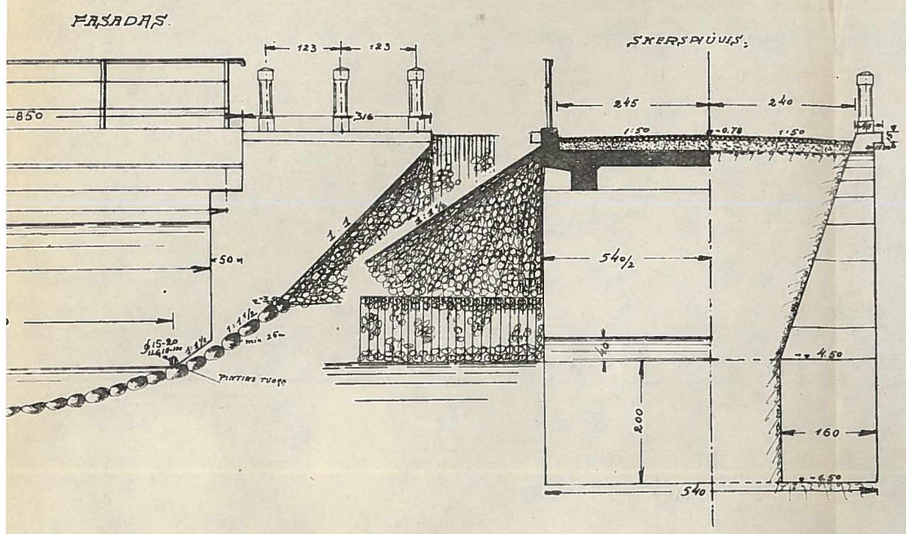


294 b brėž.

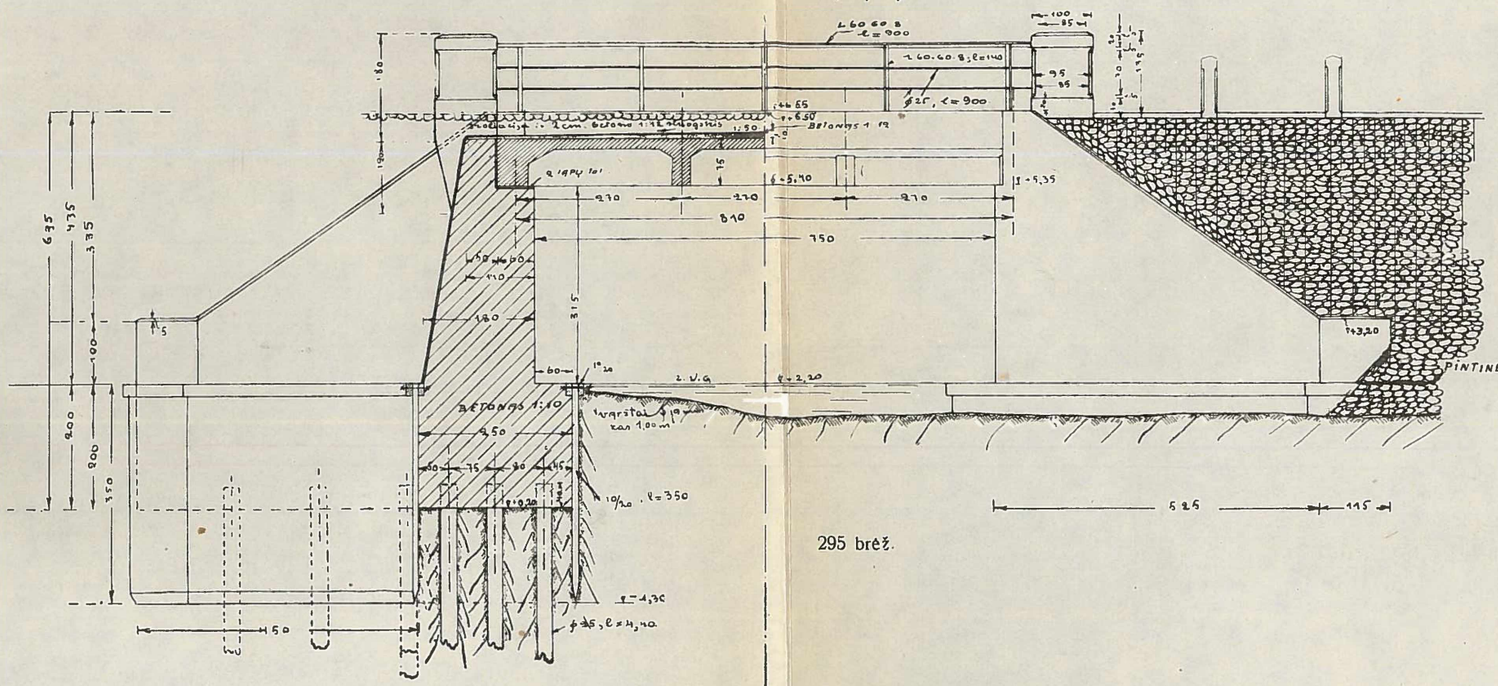


294 c brėž.

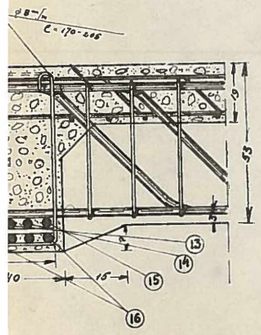
BRIAUNINĖS PLOKŠTĖS PERDENGIMAS



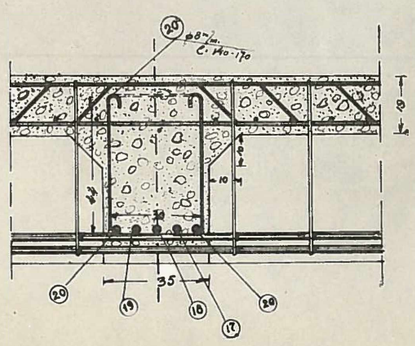
294 a brėž.



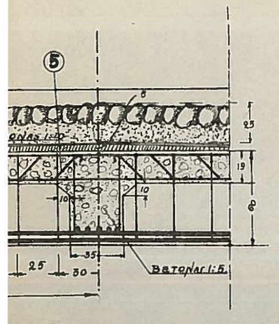
295 brėž.

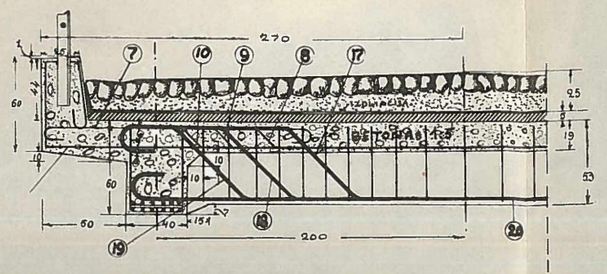


294 e brėž.

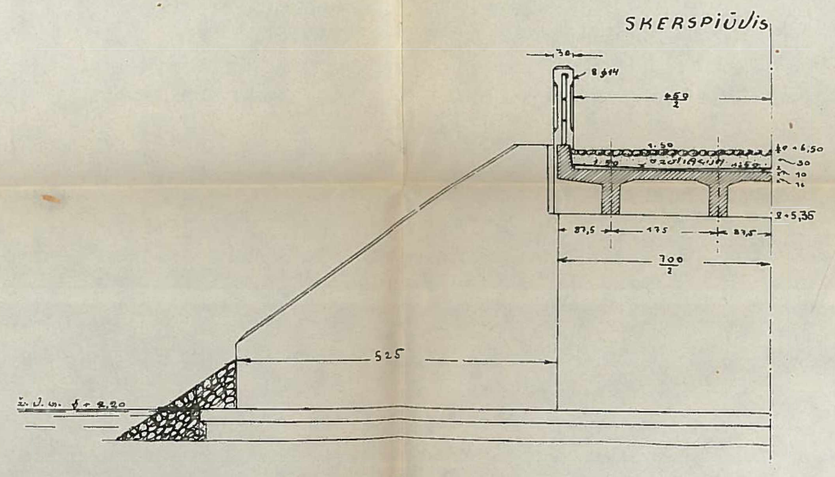


294 f brėž.





294 c brėž.



295 a brėž.

Kad surasti atraminius ir vidurinius lenkimo momentus nuo savojo svorio, galima ištisą plokštę imti kaip visai arba dalinai įtvirtintais galais.

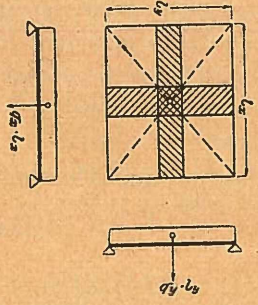
$$Mg = \frac{g.l^2}{24} \text{ iki } \frac{gl^2}{10} .$$

Išlenktieji strypai, kurie išlaiko neigiamus momentus, vadinasi, viršutinė tempiamoji armatūra, turi būti pakankamai įleista į gretimą terpę; kai maždaug lygios terpės, mažiausiai ⅕ jos ilgio.

Priimant dėmesin įvairių svarbiųjų sijų įlinkimą negalima išlenkti į viršų visos armatūros, bet reikia praleisti dalį ir apačioje. Plokštė su kryžmine armatūra laikoma, kaip dvi vienodo platumo juostos, gulinčios plokštės viduryje lygiagrečiai kraštams ir persikertą stačiu kampu (297 brėž.).

Įsivaizduokime, kad ant juostos $\| l_x$ veikia krūvis $q_x.l_x$, o ant juostos $\| l_y - q_y.l_y$, ir $q = q_x + q_y$.

Susikryžiavimo taške įlinkimas turi būti $= 0$, kiekviena tokia juosta gali gulėti atramose visai laisvai arba įtvirtinta. Nuo tolygiai paskirstyto krūvio q gausime krūvį x, y kryptimi:



297 brėž.

$$q_x = \frac{q.l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} ;$$

$$q_y = \frac{q.l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}$$

Nuo atitinkamo krūvio q_x ir q_y nustatomi atitinkama kryptimi lenkimo momentai.

Jei plokštė laisvai guli visai keturiais kraštais, tai:

$$M_x = q_x \frac{l_x^2}{8} \cdot \nu_a , \quad M_y = q_y \frac{l_y^2}{8} \nu_a ,$$

Čia $\nu_a = 1 - \frac{5}{6} \cdot \frac{l_x^2 . l_y^2}{l_x^4 + l_y^4}$.

*) Koeficientas ν priimamas domėn tik tuo atsitikimu, kai terpės armatūra yra taip paskirstyta, kad gali priimti sukimo momentus. Paprastai galima imti $\nu = 1$.

Jei plokštė įtvirtintais galais, tąsyk:

terpės momentai $M_x = + q_x \frac{l_x^2}{24} \cdot \nu_b$, $M_y = + q_y \frac{l_y^2}{24} \cdot \nu_b$.

Čia $\nu_b = 1 - \frac{5}{18} \frac{l_x^2 \cdot l_y^2}{l_x^4 + l_y^4}$.

Įtvirtinimo momentai:

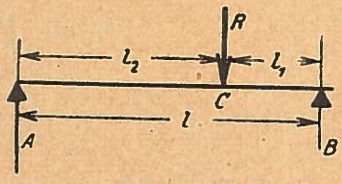
$$M_x = - q \frac{l_x^2}{12} \cdot \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}, \quad M_y = - q \frac{l_y^2}{12} \cdot \frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}.$$

Apkrautos sutelktu krūviu plokštės su kryžmine armatūra skaičiavimas yra gana sudėtingas, tad skaičiuojama su atitinkamo dydžio lygiai paskirstytu krūviu.

Svarbieji išilginiai balkiai arba briauninės plokštės skaičiuojamos kaip nekarpyti balkiai tik tuo atsitikimu, kai jie nėra surišti su ramtais į vieną statišką kūną arba nėra su jais šarnyriniai (lanksčiai) sujungti. Tačiau, tokie nekarpyti balkiai retai tepasitaiko, dažniausiai, kai tiltui panaudojamos seno tilto atramos. Jei taurai su balkiais sujungti taip, kad gali priimti lenkimo momentus, tai reikia imti dėmesin įtvirtinimo įtaka.

Svarbieji, gulį ant dviejų atramų, balkiai, apskaičiuojami paprastu būdu. Nuo savojo svorio momentas $M = \frac{g.l^2}{8}$; paslankusis krūvis turi būti taip pastatytas, kad gavus kritiškiausią padėtį, pav., plentvolis ties balkio viduriu. Kai veikia sutelktoji jėga R nuotolyje l_1 nuo artimesnės atramos, tąsyk atraminės reakcijos momentas link taško B lygsta $A.l = R.l_1$ arba $A = \frac{R.l_1}{l}$ ir momentas taške c:

$M = A.l_2 = \frac{R.l_1}{l} \cdot l_2$ (298 brėž.).



298 brėž.

Pavojingas piūvis bus, kai $l_1 = l_2 = \frac{1}{2}$, tąsyk didžiausias momentas $M_{max} = R \frac{l^2}{4l} = \frac{Rl}{4}$.

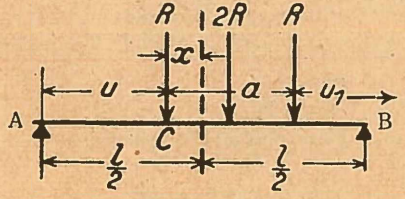
Kai veikia dvi lygios sutelktos jėgos, kurių tarpusavio atstumas = a, (299 brėž.) atstumuose u ir u_1 nuo atramų, tąsyk link taško B momentų lygtys bus:

$$A.l = R(a+u_1)+Ru_1 = R(a+2u_1).$$

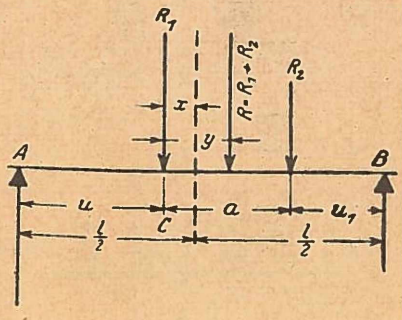
Pavojingiausias piūvis bus po pirma jėga R, atstume u nuo kairiosios atramos A, kuris turi būti lygus atstumui atstojamosios 2R nuo kitos atramos B, vadinasi, pavojingas piūvis esti taške, kuriam $x = {}^a/_4$. Tąsyk didžiausias momentas bus:

$$M_{max} = A.u = R.u\left(1-\frac{a}{2l}\right) = \frac{R\,l}{2}\left(1-\frac{a}{2l}\right)^2 = \frac{2R}{l}\left(\frac{l}{2}-\frac{a}{4}\right)^2.$$

Jei yra dvi nelygios sutelktos jėgos viena nuo kitos a atstume, kurių R_1 esti didesnė, tai didžiausias momentas bus tada, kai



299 brėž.



300 brėž.

atstojamoji ir didesnioji jėga bus lygiai nutolusios nuo balkio vidurio (300 brėž.).

$$A.l = R_1(l-u)+R_2.u_1\,;\quad A = \frac{R_1(l-u)+R_2z.u_1}{l}\,;$$

$$M_{max} = A.u = \frac{u}{l}[R_1(l-u)+R_2.u_1].$$

Tenkančio balkiams nuo paslankaus krūvio slėgimo apskaičiavimo pavyzdys.

Sakysim, duotas tilto išilginių balkių tarpusavio atstumas a = 1,5 m. Paslankus apkrovimas: 17,5 tonų plentvolis, sunkus 12 tonų vežimas ir žmonių minia 400 kg/m².

Apskaičiuodami tenkantį balkiams slėgimą, laikome plokštę sukarpyta, vadinasi, kaip paprastą dviem atramomis siją.

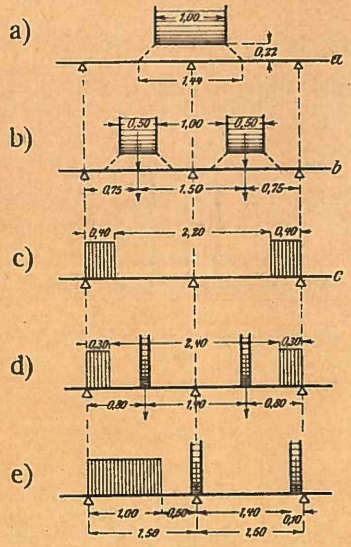
Vidutiniam balkiui tenka toks slėgimas:

Nuo plentvolio priekinės ašies, slėgimui pasiskirstant pagal 300a brėž. plotyje $v = t + 2s = 1{,}00 + 2 \cdot 0{,}22 = 1{,}44$ m,

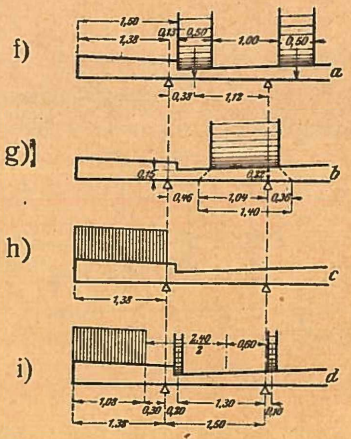
$$P_1 = 2 \cdot \frac{7500}{2} \cdot \frac{1{,}50 \frac{1{,}44}{4}}{1{,}50} = 7500 \cdot \frac{1{,}14}{1{,}50} = 5700 \text{ kg}.$$

Nuo plenvolio užpakalinės ašies (300b brėž.)

$$P_2 = 2 \cdot \frac{10000}{2} \cdot \frac{0.75}{1{,}50} = 5000 \text{ kg}.$$



300 a—e brėž.



300 f—i brėž.

Nuo žmonių minios greta plentvolio (300c brėž)

$$p_3 = 2 \cdot 400 \cdot \frac{0{,}40^2}{2 \cdot 1{,}50} = 43 \text{ kg/m}.$$

Nuo žmonių minios plentvolio prieky ir užpakaly

$$p_4 = 400 \cdot 1{,}50 = 600 \text{ kg/m}.$$

Tuo būdu visas balkis yra apkrautas pagal 300k brėž.

Jei vietoje plentvolio esti 12 tonų vežimas (dvi ašys po 6 ton.), tąsyk balkis gauna tokį spaudimą:

Nuo vežimo priekinės ir užpakalinės ašių (300d brėž.)

$$P_1 = P_2 = 2 \cdot \frac{6000}{2} \cdot \frac{0{,}80}{1{,}50} = 3200 \text{ kg}.$$

Nuo žmonių minios greta vežimo

$$p_3 = 2 \,.\, 400 \cdot \frac{0{,}30^5}{2 \,.\, 1{,}50} = 24 \text{ kg/m}.$$

Kiek didesnis balkio apsloginimas gaunamas, jei priekinės ir užpakalinės ašies ratai stovi netarpinai ant balkio (300e brėž.), tada

$$P_1 = P_2 = \frac{6000}{2} \cdot \left(1 + \frac{0{,}10}{1{,}50}\right) = 3200 \text{ kg};$$

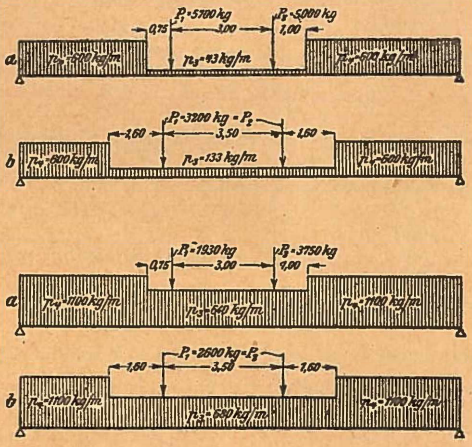
vadinasi, lieka tie patys, bet p_3 tampa didesnis, būtent

$$p_3 = 400 \cdot \frac{1{,}00}{2 \,.\, 1{,}50} = 133 \text{ kg/m}.$$

Pavojingiausias vežimo ir žmonių minios apkrovimas parodytas 300e brėž. (vežimas paimtas be arklių, priešingai arklius pamaino 2000 kg tolygiai paskirstytas 6 m ilgyje krūvis, vadinasi, vietoje p_4 prieky vežimo bus krūvis

$$p_5 = p_3 + \frac{2000}{2} \cdot \frac{1}{6{,}0} = 300 \text{ kg/m},$$

išskirstytas 6 m ilgyje.



300 k—n brėž.

Tenkąs kraštutiniam balkiui slėgimas apskaičiuojamas tokiu būdu:

Nuo plentvolio užpakalinės ašies (pagal 30f brėž.)

$$P_2 = 5000 \cdot \frac{1{,}12}{1{,}50} = 3750 \text{ kg}$$

Nuo plentvolio priekinės ašies (300g brėž.)

$$P_1 = \frac{7500}{1{,}40} \cdot \frac{1{,}04^2}{2 \,.\, 1{,}50} = 1920 \text{ kg}.$$

Nuo žmonių minios ant šaligatvio greta plentvolio (300h brėž.)

$$p_3 = 400 \cdot 1{,}38 \cdot \frac{1{,}50 + 0{,}69}{1{,}50} = 810 \text{ kg/m} .$$

Nuo žmonių minios plentvolio prieky ir užpakaly:

$$p_4 = 400 \frac{(1{,}50 + 1{,}38)^2}{2 \cdot 1{,}50} = 1100 \text{ kg/m} .$$

Tuo būdu balkis yra apkrautas kaip 300m brėž. yra parodyta. Jei balkis apkrautas 12 tonų vežimu, tąsyk (300i brėž.)

Nuo vežimo ašių:

$$P_1 = P_2 = 3000 \cdot \frac{1{,}30}{1{,}50} = 2600 \text{ kg} .$$

Nuo žmonių minios greta vežimo (300i brėž.):

$$P_2 = 400 \cdot 1{,}08 \frac{1{,}50 + 1{,}38 - 1{,}08/2}{1{,}50} = 680 \text{ kg/m} .$$

Nuo žmonių minios vežimo prieky ir užpakaly (kaip nuo plentvolio):

$$p_4 = 1100 \text{ kg/m} .$$

Tąsyk balkis yra apkrautas pagal 300n brėž. (be arklių).

Jei statomi arkliai, tąsyk vietoje p_4 turime:

$$p_5 = p_3 + \frac{2000}{6{,}0} \cdot \frac{0{,}60}{1{,}50} = 680 + 133 \cong 810 \text{ kg/m} ,$$

išskirstytas 6 m ilgyje.

Skaičiuojant briauninės plokštės balkius, pirmoje eilėje reikia nustatyti nuotolį x nuo viršutinės plokštės briaunos iki neitralės ašies. Vadinasi, jei neitralė ašis pereina pro plokštę, tai visus gniužimo įtempimus gauna plokštė, jei išeina iš plokštės, tąsyk plokštei tenka tik didesnė gniužimo įražos dalis.

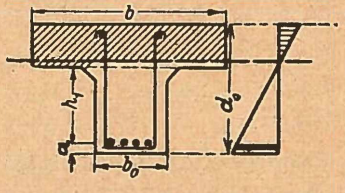
Abiem atsitikimais visus tempiamuosius įtempimus turi išlaikyti geležine armatūra. Plokštės armatūra visai nepareina nuo balkio armatūros, tad iš statiško skaičiavimo jie visai išskiriami. Jei neitralė ašis pereina per plokštę, tai visos paprastos plokštės formulės tinka ir briauninei plokštei (301 brėž.). Kai neitralė ašis (tatai dažniausiai atsitinka tiltų statyboje) išeina iš plokštės, tada galioja šios formulės (302 brėž.):

$$x = \frac{n.f_e.h + \frac{b.d^2}{2}}{n.f_e + bd}, \qquad \sigma_e = \frac{M}{f_e(h - x + y)},$$

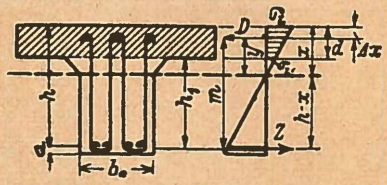
$$\sigma_b = \frac{x}{n(h - x)} \cdot \sigma_e .$$

Geležies armatūra $f_{e\,reik} = \frac{M}{\sigma_e(n - x + y)}$.

180



301 brėž.



302 brėž.

Reikalingą balkio armatūros kiekį galima nustatyti ir pagal apytikrią formulę $f_e = \frac{M}{\sigma_e(h - d/2)}$.

Kai neitralė ašis išeina iš plokštės, vadinasi, $x > d$, tada plokštės aukščiui ir geležies armatūros piūviui nustatyti galima naudotis žemiau dedama 30 lentele.

Šitoje lentelėje momentas — tcm, išmieros — cm, F_e — cm^2, tempimai t/cm^2.

1. Duota M ir d; parenkama h, ieškoma F_e ir b_{reik}.

$$\varphi = d:h, \quad F_e = \frac{i_2.M}{h}, \quad b_{reik} = \frac{i_4.F_e}{h}.$$

2. Duota M, d ir b, ieškoma h ir F_e.

Parenkama $\varphi = d:h$, $h = i_1\sqrt{\frac{M}{b}}$, $F_e = \frac{i_2 M}{h}$ arba $\frac{b.h}{i_3}$

3. Duota b, d ir h; ieškoma M ir F_e:

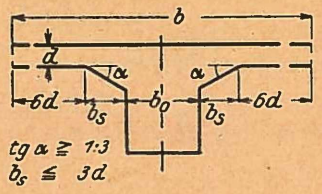
$$\varphi = d:h, \quad M = \frac{bh^2}{i_4}, \quad F_e = \frac{b.h}{i_3}.$$

30 lentelė.

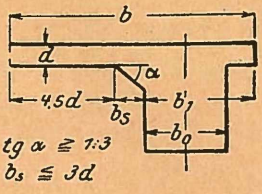
$\sigma_b = 0{,}040$ t/cm², $\sigma_e = 1{,}000$ t/cm², $x = 0{,}375\,h$						$\sigma_b = 0{,}045$ t/cm², $\sigma_e = 1{,}200$ t/cm², $x = 0{,}342\,h$					
$\varphi = d:h$	$z = i_z \cdot h$	$h = i_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$F_e = \frac{i_2 \cdot M}{h}$	$b_{reik} = \frac{i_3 \cdot F_e}{h}$	$M = \frac{b \cdot h^2}{i_4}$	$\varphi = d:h$	$z = i_z \cdot h$	$h = i_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$	$F_e = \frac{i_2 \cdot M}{h}$	$b = \frac{i_3 \cdot F_e}{h}$	$M = \frac{b \cdot h^2}{i_4}$
	i_z	i_1	i_2	i_3	i_4		i_z	i_1	i_2	i_3	i_4
0,08	0,962	19,07	1,040	350	361	0,08	0,961	18,20	0.867	390	0,330
0,09	0,957	18,16	1,045	316	330	0,09	0,957	17,27	0,871	343	0,299
0,10	0,953	17,40	1,050	288	303	0,10	0,952	16,55	0,875	315	0,275
0,11	0,948	16,76	1,055	266	281	0,11	0,948	15,95	0,879	291	0,255
0,12	0,944	16,21	1,060	248	263	0,12	0,944	15,43	0,883	271	0,239
0,13	0,940	15,73	1,064	233	248	0,13	0,939	14,99	0,886	254	0,225
0,14	0,935	15,32	1,069	220	235	0,14	0,935	14,60	0,890	240	0,214
0,15	0,931	14,96	1,074	208	224	0,15	0,931	14,26	0,894	229	0,204
0,16	0,927	14,64	1,078	199	214	0,16	0,927	13,96	0,898	218	0,195
0,17	0,923	14,35	1,083	190	206	0,17	0,924	13,70	0,902	209	0,189
0,18	0,912	14,10	1,088	183	199	0,18	0,920	13,46	0,906	201	0,182
0,19	0,916	13,87	1,092	176	192	0,19	0,916	13,26	0,909	195	0,177
0,20	0,919	13,67	1,096	170	187	0,20	0,913	13,07	0,912	188	0,171
0,21	0,909	13,49	1,100	165	182	0,21	0,909	12,90	0,917	183	0,167
0,22	0,905	13,33	1,105	161	178	0,22	0,906	12,76	0,920	178	0,164
0,23	0,902	13,18	1,109	157	174	0,23	0,903	12,63	0,922	174	0,160
0,24	0,899	13,06	1,112	153	170	0,24	0,900	12,52	0,925	170	0,157
0,25	0,896	12,94	1,116	150	167	0,25	0,897	12.42	0,929	167	0,155
0,26	0,893	12,84	1,120	147	165	0,26	0,895	12,33	0.931	164	0,153
0,27	0,890	12,75	1,123	145	162	0,27	0,891	12,21	0.034	161	0,150
0,28	0,888	12,67	1,126	142	160	0,28	0,890	12,13	0,938	158	0,149
0,29	0,885	12,60	1,129	140	159	0,29	0,888	12,10	0,940	155	0,149
0,30	0,883	12,54	1,132	138	157	0,30	0,885	12,08	0·941	153	1,148
0,32	0,880	12,45	1,137	136	155	0,31	0,882	12,05	0,942	152	1,147
0,34	0,877	12,38	1,140	134	153	0,32	0,882	12,02	0,943	152	1,145
0,36	0,875	12,36	1,142	133	153						

Šioje lentelėje, kaip ir bendrai pagal vokiečių normas, abipusėms plokštėms (303 brėž.) $b_{max} = 12\,d + 2\,b_s + b_0$, bet b_{max}

neturi būti didesnis už briaunų tarpusavio atstumą (šviesoje) arba už skaičiuojamosios balkio terpės pusę.



304 brėž.



305 brėž.

Kai vienpusė plokštė (304 brėž.), tąsyk $b_{max} = 4{,}5d + b_s + b_1$, tačiau b_{max} negali būti didesnis už $^1/_2$ briaunų tarpusavio atstumo $+ ^1/_2 b_0$ arba už $^1/_4$ skaičiuojamos balkio terpės.

Ekonomiškais sumetimais geriau imti kuo aukštesnę briauną, nes didesnis aukštis duoda mažesnį reikalingos armatūros piūvį, tuo tarpu mažesnis aukštis reikalauja daug stipresnės armatūros. Aukšti balkiai, esant didesnei kėlimo galiai, mažiau įlinksta.

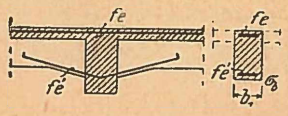
Tačiau, kartais jau esti duotas balkio aukštis a_0, tada reikia nustatyti tik reikalingos armatūros kiekį. Briaunų armatūra, dažniausiai, susideda iš dviejų eilių strypų, žemesnioji per 2 — 3 cm nuo balkio apatinės plokštumos. Balkių su dviguba armatūra aukštis išeina mažesnis, bet užtat žymiai pasunkėja armatūra. Dviguba armatūra, dažniausiai, vartojama ten, kur pakaitomis veikia teigiami ir neigiami momentai. Kai tempiamoji armatūra guli viršutinėje zonoje, tuomet platumas b bus lygus paties balkio platumui b_0 (305 brėž.).

Briaunoms visada reikia nustatyti šlities įtempimus τ_0. Jei τ_0 gaunamas $> 16\,kg/cm^2$, tai reikia keisti piūvį (balkių aukštį ar plotį) tol, kol gausis $\tau_0 \leqq 16\,kg/cm^2$. Jei $\tau_0 < 6\,kg/cm^2$, tai galima neskaičiuoti, bet išlenkta geležimi priimti įtempimus.

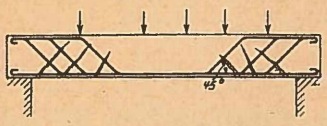
Kadangi betonas, palyginti, mažai atsparus tempimui, tai svarbieji įstriži traukimo įtempimai, kurie lygus šlities įtempimams, sudaro didelio pavojaus betonui. Jie padaro įstrižų plyšių tose vietose, kur veikia didžiausios skersinės jėgos (306 a, b, c brėž.).

Visa eilė bandymų rodo, kad įstrižus plyšius galima pašalinti, išlenkus strypus 45° kampu ir įdėjus vilktis (307 brėž.). Visus

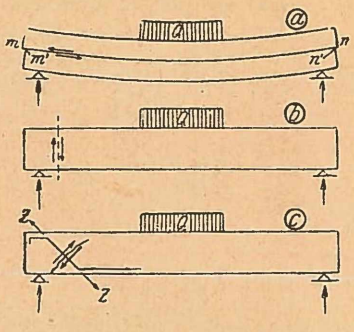
nereikalingus strypus (sumažėjus momentams), reikia išlenkti į viršūtinę zoną, o apačioje praleisti tik keletą strypų, bet ne mažiau



305 brėž.

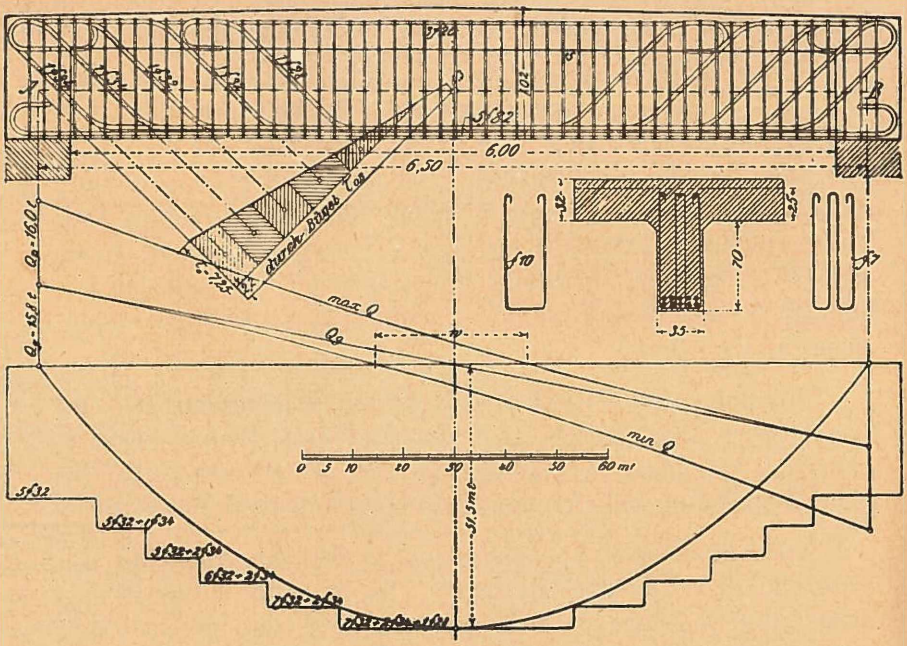


307 brėž.



306 a, b ir c brėž.

kaip 2 strypus (308 brėž.). 308 brėž. parodytos balkiui 6,5 m skaičiuojamosios angos skersinių jėgų, šlities įtempimų ir



308 brėž.

lenkimo momentų tiek nuo savojo svorio, tiek ir nuo paslankaus krūvio diagramos. Nuo bendro šlities įtempimo τ_0 ploto atskiria-

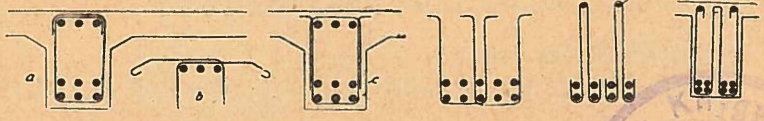
me dalį, kurią priima vilktys τ_{ob}, šiame pavyzdyje sudaro 2,2 kg/cm². Likusią šlities įtempimo ploto dalį (brėžiny užbrauktą) turi priimti išlenktieji strypai. Skaičiuojama bendra šlities jėga Z, kurią gauname padauginus užbrauktos figūros plotą iš balkio platumo b_0. Dalindami jėgą Z iš leidž. įtempimo σ_e, gauname reikalingą išlenktinių strypų geležies plotą. Nustačius strypų diemetrą ir jų kiekį, daliname užbraukytą trikampį į tiek lygiapločių dalių, kiek yra išlenktinų strypų. Šis padalinimas atliekamas grafišku būdu pagal vėliau duotą pavyzdį. Maksimalis momentas = 51,50 tm. Išlenkti tegalima tiek strypų, kiek jų nebereikia tempiamiesiems įtempimams priimti. 308 brėž. aplink lenkimo momentų kreivę parodyti momentai, kuriuos gali priimti likusieji strypai.

Šitie momentai yra lygūs: $M = \sigma_e . f_e . z$, jų diagrama — laiptų pavidalo.

Keli išlenkti strypai turi pereiti ir už atramos ašies.

Vilktys palaiko tamprų ryšį tarp apatinės armatūros ir viršutinės gniužimo zonos. Vilktys gaminamos iš 6 — 10 mm storumo vielos, daugiausiai 8 mm. Jos dedamos balkio galuose per 10 — 20 cm atstumo,, o balkio viduryje — iki 40 cm. Mažų išmierų balkiams užtenka vilkčių pagal 309 brėž., kurie mažiausiai susilpnina balkio plūvį, platesniems balkiams vartojamos vilktys keturių piūvių (311 brėž.), kurie neleidžia strypams, betonuojant, deformuotis. Jei tempiamoji armatūra guli balkio viršuje, tai vilktys turi ją apsupti iš visų pusių (310 brėž.).

309 brėž.



310 brėž. 311 brėž.

Balkių skeliamieji įtempimai τ_0 išvedami tokia formule:

$$\tau_0 = \frac{Q}{b.z},$$

kur z — vidujinių jėgų svirtis = h — x + y.

Vilktis ir išlenktus strypus reikia taip paskirstyti, kad skeliamieji įtempimai lygiai persiduotų visiems strypams. Skeliamųjų įtempimų diagramos ploto dalis τ_s, kurią priima išlenkti strypai,

turi būti atitinkamai, pagal jų skaičių ir piūvį, suskirstyta (308 brėž.).

Esant didžiausiems momentams vietose, kur strypų išlenkti negalima (jie reikalingi tempimo įražoms priimti), skeliamuosius įtempimus turi teišlaikyti vilktys, pav., dviejų piūvių viktys $2 f_e$ ploto gali išlaikyti tempiamąją jėgą $Z_e = 2 . f_e . \sigma_e$, o kai vilkčių tarp savęs atstumas e, balkio platumas b_1, tąsyk priimama vilkčių skeliamoji jėga $\tau_b = \frac{Z_b}{e . b_1}$. Nuo savojo svorio ties balkio viduriu skersinė jėga lygsta nuliui, o nuo paslankaus krūvio, ties viduriu gauname dar tam tikrą jėgą; ant atramų bus didžiausia skersinė jėga ir didžiausi skeliamieji įtempimai τ_0.

Sukibimo įtempimas τ_1 stengiasi išplėšti iš betono geležį:

$$\tau_1 = \frac{Q}{u . z},$$

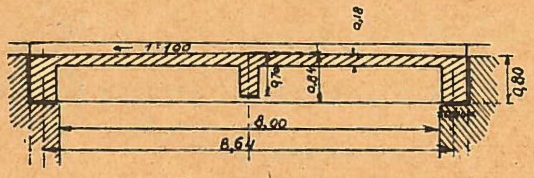
kur: u — geležies perimetras,
z — svirtis = h — x + y.

Sukibimo įtempimai neimami domėn tada, kai armatūros strypų galai užlenkti ir esti ne didesnio kaip 25 mm skersmens. Jei visiems įstrižiems įtempimams atsispiria išlenkti strypai ir vilktys, tai sukibimo įtempimai skaičiuojami tik skersinės jėgos pusei:

$$\tau_1 = \frac{Q}{2 . u . z}.$$

Pavyzdys. Suprojektuoti balkinį perdengimą 8 m šviesangio, 7,0 m pločio. Krūvis — 16 t plentvolis ir žmonių minia 400 kg/cm^2.

Skaičiuojamoji anga bus:
$l = w + 2e = 8{,}00 + 2 . 0{,}32 = 8{,}64$ m: $e = 0{,}20 + 0{,}015\, w = 0{,}32$ cm.



312 brėž.

Perdengimo skersinis piūvis susideda iš 4 išilginių, 0,84 m vidutinio aukščio, 0,30 m pločio, balkių. Balkiai viens nuo kito per 1,80 m, plokštė eina ištisai per balkius ir turi konsoles po $0{,}45\, a = 0{,}45 . 1{,}80 = 80$ cm.

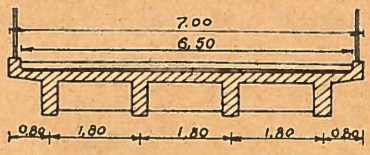
Išilginiai balkiai sujungti 3 skersiniais balkiais. Išilginių balkių apatinis paviršius vedamas horizontaliai, tuo tarpu, viršutinis paviršius eina nuolydžiai nuo vidurio į atramas. Kad gavus skersinį nuolydį, dedamas lieso betono sluoksnis: viduryje 6 cm, o prie briaunų 2 cm storumo (312, 313 brėž.)

a) Plokštė. Savasis svoris g:

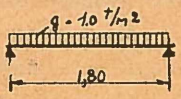
Skaldos žievė . . .	$0{,}20 \times 2000$	$= 400$
Betonas . . 1 : 10	$0{,}04 \times 2100$	$= 84$
Izoliacija		$= 15$
Betonas . . . 1 : 3	$0{,}03 \times 2200$	$= 66$
Plokštė	$0{,}18 \times 2400$	$= 432$
	Viso . . .	$997\ kg/m^2 = \sim 1{,}00\ t/m^2$

Kadangi plokštė dedama ištisai per skersinius balkius, tai ji skaičiuojama kaip dalinai įtvirtinta galais:

$$Mg = \frac{g \cdot l^2}{12} = \frac{1{,}0 \times 1{,}8^2}{12} = 0{,}27\ tm \text{ (314 brėž.)}.$$

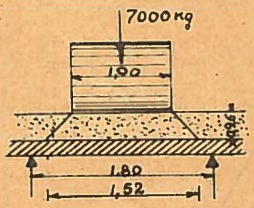


313 brėž.

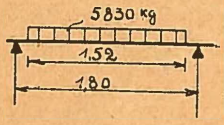


314 brėž.

Paslankusis krūvis. Plokštė gauna didžiausius įtempimus, kai plentvolis priekiniais ratais stovi ties viduriu. Ratų spaudimui pasiskirsčius 45° kampu, gausim spaudžiamo ploto ilgį $1{,}00 + 2 \cdot 2{,}6 = 1{,}52$ m (315 brėž.).



315 brėž.



316 brėž.

Paskirstymas išilgai tilto bus:

$$^2/_3\, l = {}^2/_3\, 1{,}80 = 1{,}20\ m,$$

plokštės 1-am m pločio tenka: $\frac{7{,}00}{1{,}20} = 5{,}83\ t$

$$M_p = \frac{5{,}83}{8}(2 \cdot 1{,}80 - 1{,}52) = 1{,}52\ tm \text{ (316 brėž.)},$$

$$\varphi\, M_p = 1{,}4 \cdot 1{,}52 = 2{,}13\ tm.$$

Nekarpytai plokštei sumažiname momentą:

$$\varphi \cdot M_p = {}^2/_3 \cdot 2{,}13 = 1{,}42\ \text{tm}.$$

Didžiausias momentas:

$$M_{max} = M_g + \varphi M_g = 0{,}27 + 1{,}42 = 1{,}69\ \text{tm};$$

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{169000}{100}} = 41{,}00$$

Leidžiamas armatūrai $\sigma_e = 1200\ \text{kg/cm}^2$.

Pagal lentelę randame:

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{16}{41} = 0{,}39,$$

kur: plokštės storis $d = 18$ cm, naudingasis aukštis $h = 18 - 2 = 16$ cm,

$\sigma = 43/1200\ \text{kg/cm}^2$ atitinka dydį 0,39.

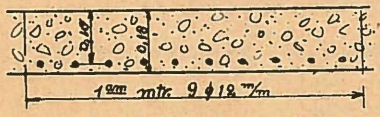
Tada $f_{e\ reik} = 0{,}00243 \cdot 100 \cdot 41 = 9{,}95\ \text{cm}^2$.

Imama 9 apv. str. 12 m m su $f_e = 10{,}18\ \text{cm}^2$ (317 brėž.).

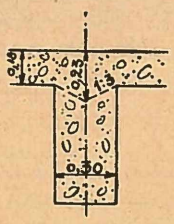
Atraminis momentas bus ~ 1,5 syk didesnis už terpės viduriną.

$$M_{max} = 1{,}69 \times 1{,}5 = 2{,}55\ \text{tm},$$

kur: $d = 23$ cm — plokštės aukštis (318 brėž.),
$h = 23 - 2 = 21$ cm — naudingasis aukštis,



317 brėž.



318 brėž.

$$\frac{M}{b} = \sqrt{\frac{2550000}{100}} = 50{,}40,$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{21}{50{,}40} = 0{,}417$$ — tatai atitinka $\sigma = 40/1200\ \text{kg/cm}^2$.

$$f_{e\ reik} = 0{,}00228 \cdot 100 \cdot 50{,}40 = 11{,}50\ \text{cm}^2.$$

Imama 10 apv. str. 12 m m su $f_e = 11{,}31\ \text{cm}^2$ (319 brėž.).

Dėl neigiamųjų momentų ši armatūra guli viršutinėje zonoje.

Skeliamuosius įtempimus nereikia skaičiuoti, bet tiktai iš 9 strypų po 12 mm išlenkti į viršų 4 strypus.

b) *Skersiniai balkiai.* Skersiniai balkiai neskaičiuojami, nes jie turi tik konstruktyvinės reikšmės. Viršutinėje zonoje dedami 2 strypai po 20 mm, o apatinėje — 3 strypai po 20 mm.

c) *Svarbieji balkiai.* Skaičiuojamoji anga $l = 8{,}64$ m, krūvio plotis $a = 1{,}80$ m. Apskaičiuojami tik du viduriniai balkiai, o kraštutiniams balkiams dedama tokia pat armatūra.

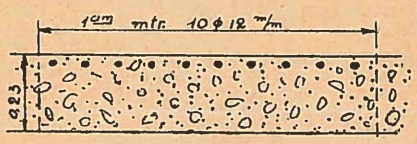
Savasis svoris.

Plokštė su važiuojamąja dalimi $1{,}00 \times 1{,}8 = 1800$

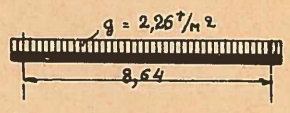
Balkis $0{,}64 \cdot 0{,}30 \cdot 2{,}400 \ldots = 460$

Viso . . . $= 2260 \sim 2{,}26$ t/m.

$$M_g = \frac{2{,}26 \times 8.64^2}{8} = 21{,}10 \text{ tm (320 brėž.).}$$



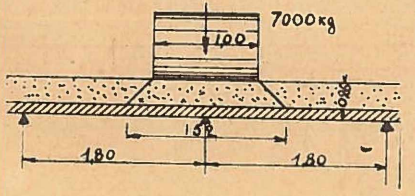
319 brėž.



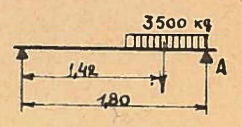
320 brėž.

Paslankusis krūvis susideda iš plentvolio ir žmonių minios. Plentvolį reikia taip pastatyti, kad jo simetrijos ašis sutaptų su skaičiuojamojo balkio ašimi. Jei laikysim, kad krūvis pasiskiaido 45^0 kampu (321 brėž.), tai kiekvienam ratui špaudimo plotas bus 1,52 m. Apkrovus, plokštės atraminė reakcija bus:

$$A = \frac{3{,}5 \times 1{,}42}{1{,}80} = 2{,}76 \text{ t (322 brėž.).}$$

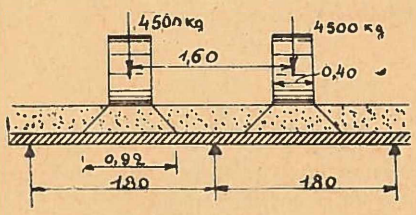


321 brėž.

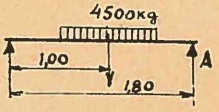


322 brėž.

Bendra reakcija $= 2{,}76 \times 2 = 5{,}52$ t. Tarp plentvolio užpakalinių ratų atstumas — 1,60 m. Kiekvieno rato slėgimo pasiskirstymo plotas $= 40 + 52 = 92$ cm (323 brėž.).



323 brėž.



324 brėž.

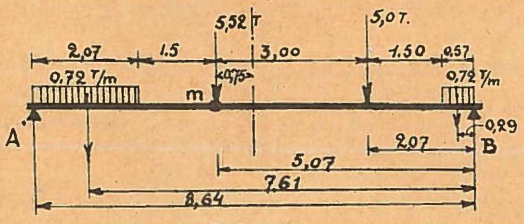
Plokštės atraminė reakcija:

$$A = \frac{4{,}5 \times 1{,}0}{1{,}8} = 2{,}5 \text{ t (324 brėž.).}$$

Bendra reakcija $= 2{,}5 \times 2 = 5{,}0$ t .

Nustatytą krūvį reikia taip pastatyti, kad gavus didžiausius įtempimus. Kadangi sutelktos jėgos mažai skiriasi, tai laikoma, kad pavojingas piūvis esti $^1/_4 a = {}^1/_4 . 3{,}00 = 0{,}75$ m (325 brėž.).

Žmonių minia $= 0{,}40$ t/m², vienam balkiui $= 0{,}4 \times 1{,}8 = 0{,}72$ t/m .



325 brėž.

Apsloginę balkį plentvoliu ir žmonių minia (325 brėž.), gausim tokią atraminę reakciją:

$$A = \frac{(2{,}07 \times 0{,}72) . 7{,}61 + 5{,}52 . 5{,}07 + 5{,}02 . 2{,}07 + (0{,}57 : 0{,}72) . 0{,}29}{8{,}64} =$$

$$= \frac{49{,}82}{8{,}64} = 5{,}77 \text{ t}$$

Momentas pavojingame piūvyje, vadinasi, taške m

$$M_p = 5{,}77 . 3{,}57 - (2{,}07 \times 0{,}72) . 2{,}54 = 16{,}82 \text{ t} ,$$

$$\varphi M_p = 1{,}4 . 16{,}82 = 23{,}6 \text{ tm} .$$

Bendras didžiausias momentas bus:

$$M_{max} = M_g + \varphi M_p = 21{,}10 + 23{,}6 = 44{,}70 .$$

Plokštės veikiąs plotis:

$b_{max} = 12d + 2b_s + b_0 = 12{,}18 + 0 + 30 = 2{,}46 > 1{,}80$ (tarp balkių centrų atstumas), užtat b_{max} imamas $= 1{,}80$ m .

Balkio aukštis ties viduriu laikomas $d_0 = 84$ cm . Naudingasis aukštis $h = 84 \text{ cm} - 7 = 77$ cm .

Pagal apytikrią formulę $f_{e\,reik} = \frac{M}{\sigma_e (h - d/2)} \frac{4\,470\,000}{1\,200\,(77-9)} = \frac{4470000}{1200 . 68} = 54{,}80 \text{ cm}^2$.

$$x = \frac{n . f_e . h + \frac{b . d^2}{2}}{n f_e + b . d} = \frac{15 . 54{,}8 . 77 + \frac{180 . 18^2}{2}}{15 . 54{,}80 + 180 . 18} = 22{,}9 \text{ cm} ,$$

Kadangi neitrali ašis labai mažai išeina iš plokštės, tai galima, nedarant didelės klaidos, apskaičiuoti balkį paprastos plokštės formule:

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{4470000}{180}} = 157{,}5 ,$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{77}{157{,}5} = 0{,}488 , \text{ tatai atitinka:}$$

$$\sigma = 33/1200 \text{ kg/cm}^2, \quad r = 0{,}479.$$

$$f_{ereik} = 0{,}00193.157{,}5.180 = 54{,}70 \text{ cm}^2.$$

Surastas dydis labai mažai skiriasi nuo apytikrio.

Imame 8 apv. str. 32 mm su $f_e = 64{,}34 \text{ cm}^2$ (326 brėž.)

Įtempimų patikrinimas:

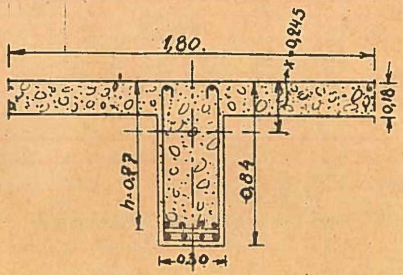
$$x = \frac{15.64{,}34.77 + \frac{180.18^2}{2}}{15.64{,}34 + 180.18} = 24{,}5 \text{ cm}.$$

$$\sigma_{e\,esam} = \frac{M}{f_e\,(h - x + y)} = \frac{4470000}{64{,}34.69{,}7} = 1000 \text{ kg/cm}^2,$$

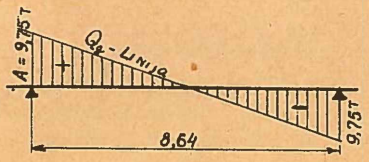
$$h - x + y = 77 - 24{,}5 + \left(24{,}5 - \frac{18}{2} + \frac{18^2}{6.(2.24{,}5 - 18)}\right) = 69{,}7 \text{ cm},$$

$$\sigma_{b\,esam} = \frac{x}{n(h-x)}\,\sigma_e = \frac{24{,}5}{15(77 - 24{,}5)} \cdot 1000 = 31{,}10 \text{ kg/cm}^2.$$

Didesnis geležies kiekis reikalingas sukibimo atsparumui. Apatinėje ir antroje eilėje dedama po 4 apv. str. 32 mm.



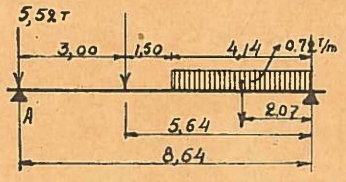
326 brėž.



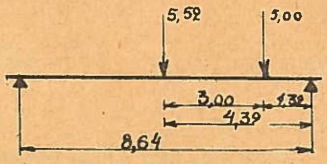
327 brėž.

Vilktys ir geležies išlenkimai.

Atraminė reakcija ir didžiausia skersinė jėga nuo savojo svorio bus $A_g = Q_g = \frac{1}{2} \cdot 2{,}26 \,.\, 8{,}64 = 9{,}75$ t. Savojo svorio skersinių jėgų diagrama bus trikampinė su nuliu ties balkio viduriu (327 brėž.).



328 brėž.



329 brėž.

Kad gavus paslankaus krūvio atraminę reakciją ir didžiausią skersinę ėgą, reikia taip apsloginti balkį, kad plentvolio priekinis ratas stovėtų ant atramos (328 brėž.).

$$A_p = Q_p = \frac{5{,}52.8{,}64 + 5.5\,64 + 2{,}98.2{,}07}{8{,}64} = \frac{82{,}07}{8{,}64} = 9{,}5\,t,$$

$$\varphi A_p = \varphi Q_{p\,max} = 1{,}4.9{,}5 = 13{,}30\,t.$$

Apskaičiuodami 329 brėž. nurodytu būdu balkį, gauname ties balkio viduriu skersinę jėgą:

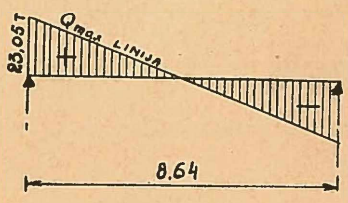
$$Q_p = \frac{5{,}52.4{,}32 + 5{,}0.1{,}32}{8{,}64} = 3{,}52\,t,$$

$$\varphi Q_p = 3{,}52 \times 1{,}4 = 4{,}93\,t.$$

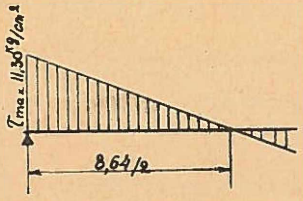
Skersinė jėga ties balkio viduriu yra, palyginti, nedidelė, tad galima jos neskaityti. Tada diagrama vėl bus trikampė su nuliu ties balkio viduriu.

$$A_{max} = Q_{max} = A_g + \varphi A_p = 9{,}75 + 13{,}30 = 23{,}05\,t.$$

330 brėž. parodyta diagrama.



330 brėž.



331 brėž.

Skeliamieji įtempimai:

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max}}{b.z} = \frac{23050}{30.68{,}0} = 11{,}30\ kg/cm^2.$$

kur: b — balkio plotis = 30 cm,

$$z \text{ — svirtis} = h - x + y = 75 - 22{,}9 + \left[22{,}9 - \frac{18}{2} + \frac{182}{6.(2.22{,}9 - 18)}\right] =$$

$$= \sim 68{,}0\ cm.$$

$\tau_{max} < 16\ kg/cm^2$ ir turi būti priimta vilktimis ir išlenktais strypais. Skeliamųjų įtempimų diagrama bus trikampė su nuliu ties balkio viduriu (331 brėž.).

Vartojant dviejų piūvių vilktis diametro 8 mm per 20 cm vienas nuo kito, jos gali išlaikyti tempiamąją jėgą:

$$T = \frac{2.0{,}8^2}{4} \cdot \pi \cdot 1200 = 1205\ kg.$$

Iš skeliamųjų įtempimų jie priima:

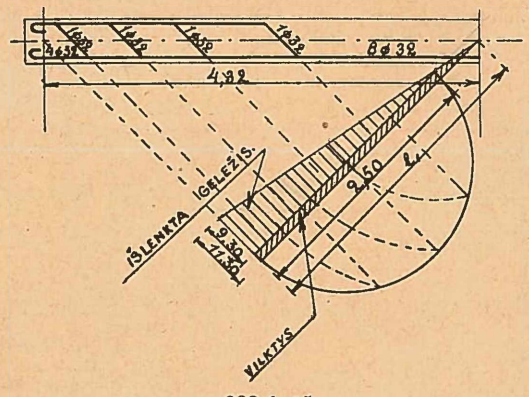
$$\tau_b = \frac{1205}{20.30} = 2\ kg/cm^2.$$

Nubraižius nuo balkio vidurio 45^0 kampu skeliamųjų įtempimų trikampį ir atėmus 2 kg/cm^2, kuriuos priima vilktys, reikia taip suskirstyti likusio trikampio plotą, kad kiekvienas išlenktas strypas gautų tą patį tempimą. Įstriža tempiamoji jėga (332 brėž.):

$$Z = \frac{250.(11{,}30 - 2).30}{2} = 34900\ kg.$$

Reikia išlenkti $\frac{34900}{1200} = 29{,}1\,cm^2$. Išlenkti 4 apv. str. 32 m/m su $f_e = 32{,}17\,cm^2$. Apatinėje zonoje pereina 4 apv. str. 32 m m, jų perimetras $u = 32{,}17\,cm^2$. Sukibimo įtempimai:

$$\tau_1 = \frac{Q}{2.u.z} = \frac{23050}{2.32{,}17.68} = 5{,}27\ kg/cm^2 > 6{,}0\ kg/cm^2.$$



332 brėž.

d) *Plokštės konsolė.* Plokštės konsolės ilgis = 0,80 m, skaičiuojama tokiu pat būdu, kaip plokštė su įtvirtintais kraštutiniame balky galais. Savasis svoris g:

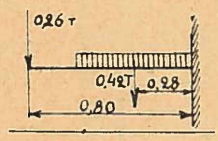
skaldos žievė	= 0,15 × 2000 = 300	bordiuras g — ir turėkliai = 0,26 t/m
betonas 1:10	= 0,02 × 2100 = 42	
Izoliacija	= 15	
betonas 1:3	= 0,03 × 2200 = 66	
plokštė vidut.	= 0,14 × 2400 = 336	

Viso . . . 759 kg/m^2 = ~ 0,76 t/m^2,

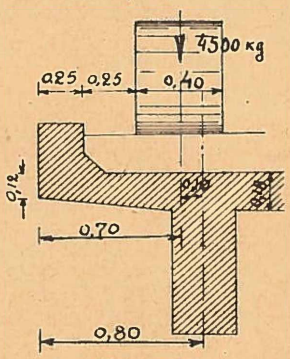
$M_g = 0{,}26.0{,}8 + 0{,}42.0{,}28 = 0{,}33$ tm (333 brėž.).

Paslankusis krūvis.

Pristūmę užpakalinį plentvolio ratą prie pat bordiuro, gausime:

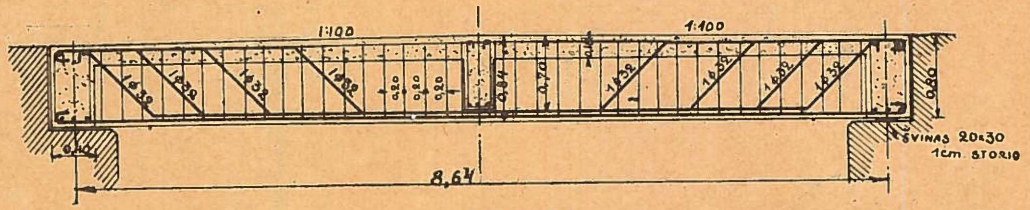


333 brėž.

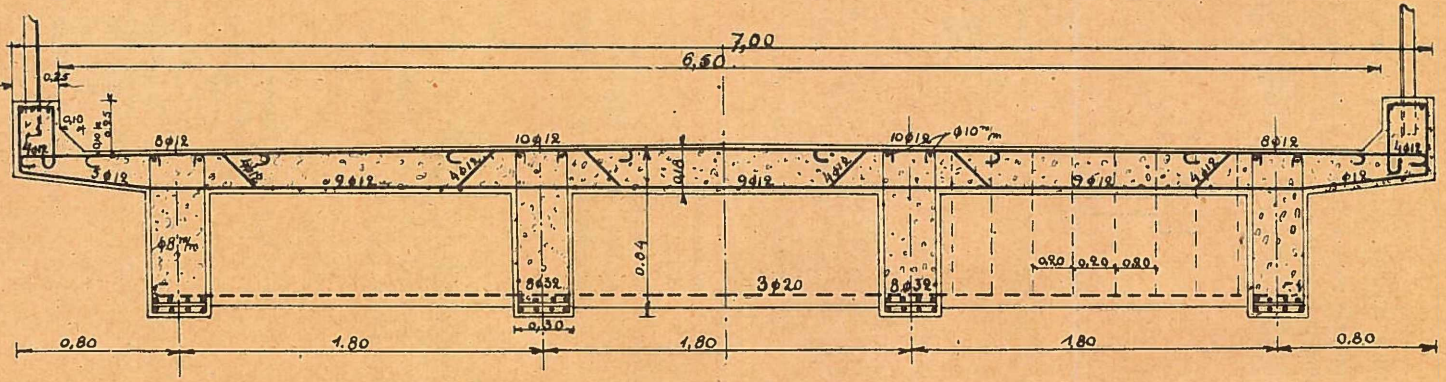


334 brėž.

$M_p = 4{,}5 . 0{,}10 = 0{,}45$ tm,
$\varphi M_p = 0{,}45 . 1{,}4 = 0{,}63$ tm,
$M_{max} = M_g + \varphi . M_p = 0{,}33 + 0{,}63 = 0{,}96$ tm;



335 brėž.



336 brėž.

$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{9600}{100}} = 31$ d = 18 cm, h = 16 cm

$r = \frac{16}{31} = 0{,}515$, tam atitinka $\sigma = 31/1200$ kg/cm^2,

$f_{e\,reik} = 0{,}00182 \cdot 100{,}31 = 5{,}65$ cm^2.

Konstruktyviniu-atžvilgiu padėta daugiau strypų.

e) *Atraminė dalis.* Didžiausia atraminė reakcija:

$$A_{max} = 23{,}05 \text{ t}:$$

Kai anga ir atraminė reakcija ne per didelės, tąsyk statomos paprastos atraminės dalys, padėjus 1 cm storio švino plokštes:

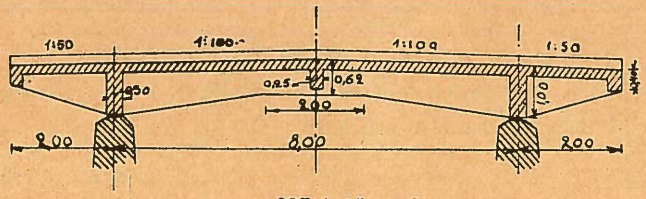
$$\sigma_{švino} = \frac{23050}{20 \times 30} = 38{,}4 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2.$$

Tokį pat spaudimą turės ir po atraminėmis dalimis betonas

$$= 38{,}4 \text{ kg/cm}^2 < 50 \text{ kg/cm}^2.$$

335 ir 336 brėž. nurodytas išilginiam ir skersiniam piūvyje perdengimas su geležine armatūra.

2 pavyzdys. Suprojektuoti 8,0 m angos su konsolėmis po 2 m perdengimą; skersinį piūvį imti pagal ankstyvesnį pavyzdį. Krūvis — 16 t plentvolis ir žmonių minia 400 kg/m^2. Išmieros nurodytos 337 ir 338 brėž. Plokštės skaičiavimas toks pat, kaip ir ankstyvesnio pavyzdžio.



337 brėž.

a) *Svarbieli balkiai.* Konsolinis balkis:

g_1 = plokštė su važiuojamąja dalimi = $1000 \times 1{,}8 = 1800$ kg/m
balkis . . . . . = $0{,}54 \times 0{,}3 \times 2400 = 388$ „

Viso . . . 2188 kg/m = ~ 2,19 t/m.

Vidurinis balkis:

g_2 = plokštė su važiuojamąja dalimi = $1000 \times 1{,}8 = 1800$ kg/m
balkis . . . . . = $0{,}64 \times 0{,}3 \times 2900 = 460$ „

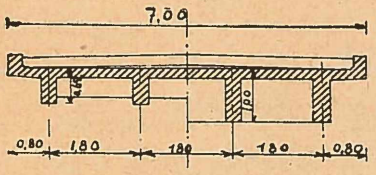
Viso . . . 2260 kg/m = ~ 2,26 t/m.

Atraminis momentas = $M_{a_g} = \frac{g_1 \cdot l_1^2}{2} = \frac{2{,}19 \cdot 2^2}{2} = 4{,}38$ tm.

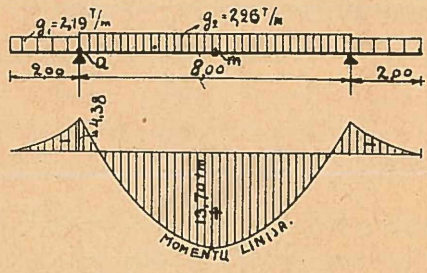
Terpės momentas = $M_{m_g} = \frac{g_2 \cdot l^2}{8} - \frac{g_1 l_1^2}{2} = \frac{2{,}26 \cdot 8^2}{8} - 4{,}38 = 13{,}70$ tm
(339 brėž).

Konsolių savasis svoris duoda neigiamų momentų aukščiau atramos, kurie mažina vidurinio balkio teigiamuosius momentus.

Paslankusis krūvis. Kad gavus didžiausius neigiamuosius momentus, reikia apsloginti tik konsoles (ant vienos plentvolis, o ant kitos žmonių minia); didžiausiems teigiamiesiems momentams reikia apsloginti tik vidurinį balkį.



338 brėž.



339 brėž.

Apsloginę konsolinį balkį plentvoliu, gausime:

$$M_{a_1 p} = 5{,}52 \times 2{,}00 = 11{,}04 \text{ tm},$$

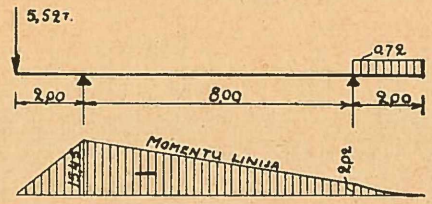
$$\varphi M_{a_1 p} = 1{,}4 \times 11{,}04 = 15{,}45 \text{ tm (340 brėž.)}.$$

Žmonių minia:

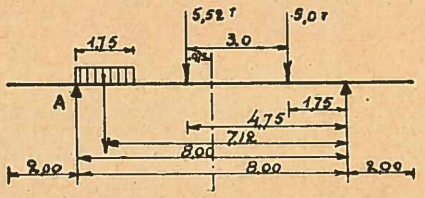
$$M_{a_2 p} = \frac{0{,}72 \times 2^2}{2} = 1{,}44 \text{ tm},$$

$$\varphi M_{a_2 p} = 1{,}44 \times 1{,}4 = 2{,}02 \text{ tm}.$$

Šių momentų diagrama nurodyta 341 brėž.



340 ir 341 brėž.



342 brėž.

Apsloginę vidurinį balkį 342 brėž. nurodytu būdu, gausime:

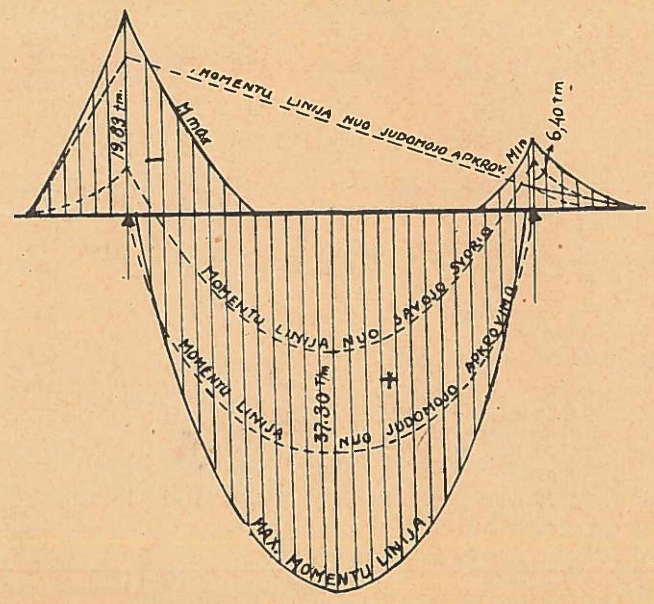
$$A = \frac{1{,}26 \cdot 7{,}12 + 5{,}52 \cdot 4{,}75 + 5{,}00 \cdot 1{,}75}{8{,}00} = 5{,}48,$$

$$M_{pm} = 5{,}48 \cdot 3{,}25 - 1{,}26 \cdot 2{,}37 = 16{,}81 \text{ tm},$$

$$\varphi M_{pm} = 1{,}4 \cdot 16{,}81 = 23{,}60 \text{ tm}.$$

Gavę nuo savojo svorio ir paslankaus kruvio momentus, jųos sudedame.

Reikia priimti dėmesin, kad nuo savojo svorio momentų linija yra pastovi, o nuo paslankaus krūvio—keičiasi, tad kai kuriose vietose gaunama kartu teigiamų ir neigiamų momentų. Dėl to ir galutinoje momentų linijų diagramoje vietomis pakaitomis veikia neigiamieji ir teigiamieji momentai, kurie reikalauja dvigubos armatūros.



343 brėž.

Didžiausias neigiamasis momentas:

$$M_{a_1\,max} = M_{g a_1} + \varphi M_{p a_1} = 4{,}38 + 15{,}45 = -19{,}83 \text{ tm},$$

$$M_{a_2\,max} = M_{g a_2} + \varphi M_{p a_2} = 4{,}38 + 2{,}02 = -6{,}40 \text{ tm}.$$

Didžiausias teigiamasis momentas:

$$M_{m\,max} = M_{gm} + \varphi M_{pm} = 13{,}70 + 23{,}60 = 37{,}30 \text{ tm}.$$

Vidurinis balkis: b_{max} vėl $= 180$ cm.

$M_{m\,max} = 37{,}30$ tm $\quad d_o = 62$ cm,

Naudingasis aukštis $h = 62 - 7 = 55$ cm.

Neitralė ašis mažai išeina iš plokštės, tad vartojamos paprastos plokštės formulės:

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{3730000}{180}} = 143{,}7,$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{55}{143{,}7} = 0{,}383,$$

tam atitinka $\sigma = 44/1200$ kg/cm².

$f_{e\,reik} = 0{,}00248 \cdot 143{,}7 \cdot 180 = 64{,}30$ cm².

Imama 8 apv. str. 32 mm su $f_e = 63{,}34$ cm² (344 brėž.).

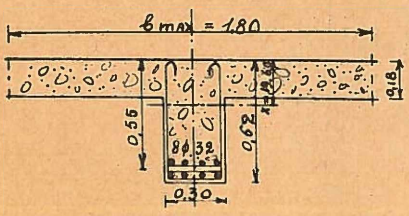
Įtempimų patikrinimas:

$$x = \frac{15 \cdot 64{,}34 \cdot 55 + \frac{180 \cdot 18^2}{2}}{15 \cdot 64{,}34 + 180 \cdot 18} = 19{,}6 \text{ cm},$$

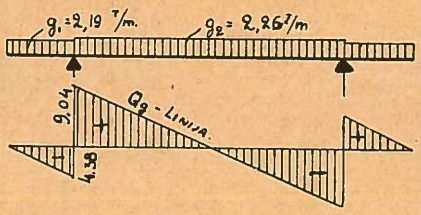
$$\sigma_{e\,esam} = \frac{M}{f_e(h - x + y)} = \frac{3\,730\,000}{64{,}34 \cdot 48{,}50} = 1195 \text{ kg/cm}^2,$$

kur: $h - x + y = 55 - 19{,}6 + \left[19{,}6 - \frac{18}{2} + \frac{18^2}{6(2 \cdot 19{,}6 - 18)}\right] = 48{,}50$ cm,

$$\sigma_{b\,esam} = \frac{x}{n(h - x)} \cdot \sigma_e = \frac{19{,}6}{15(55 - 19{,}6)} \cdot 1195 = 44{,}20 \text{ kg/cm}^2.$$



344 brėž.



345 brėž.

Konsolinis balkis:

$M_{a\,max} = -19{,}83$ tm,

$b_{max} = 0{,}30$ m (dėl neigiamųjų momentų),

$$\sqrt{\frac{M}{b}} = \sqrt{\frac{1983000}{30}} = 255; \qquad d_0 = 100 \text{ cm},$$

$$r = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = 0{,}370,$$

tam atitinka: $\sigma = 46/1200$ kg/cm² su $r = 0{,}368$,

$f_{e\,reik} = 0{,}00258 \cdot 30 \cdot 255 = 19{,}7$ cm².

Reikalinga 3 apv. str. 32 mm; konstruktyviniu atžvilgiu imama 5 apv. str. 32 mm su $f_e = 40{,}21$ cm².

Vilktys ir išlenkti strypai.

Savasis svoris.

Skersinė jėga kairėje nuo atramos:

$$Q_{gk} = 2{,}19 \times 2 = 4{,}38 \text{ t}.$$

Dešinėje nuo atramos:

$$Q_{gd} = 2{,}26 \times \frac{8}{2} = 9{,}04 \text{ t}.$$

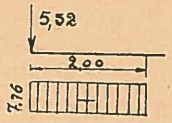
Jųjų diagrama parodyta 345 brėž.

Paslankusis krūvis.

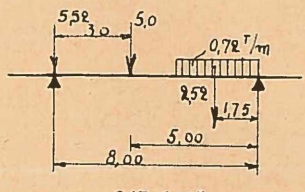
Skersinė jėga kairėje nuo atramos:

$$Q_{p_k} = 5{,}52 \text{ t},$$

$$\varphi Q_{p_k} = 1{,}4 \times 552 = 7{,}76 \text{ (346 brėž.)}.$$



346 brėž.



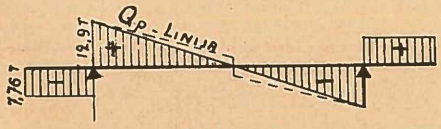
347 brėž.

Skersinė jėga dešinėje nuo atramos. Pagal 347 brėž. gauname:

$$Q_{p_d} = \frac{5{,}52 \cdot 8 + 5{,}5 + 2{,}52 \cdot 1{,}75}{8} = 9{,}2 \text{ t},$$

$$\varphi Q_{p_d} = 1{,}4 \cdot 9{,}2 = 12{,}9 \text{ t}.$$

Vidurinio balkio skersinių jėgų diagrama, be didelės klaidos, galima laikyti trikampe su nuliu ties viduriu (348 brėž.).



348 brėž.

Didžiausia skersinė jėga kairėje nuo atramos:

$$Q_{k\,max} = Q_{gk} + \varphi \cdot P_{pk} = 438 + 7{,}76 = 12{,}14 \text{ t}.$$

Didžiausia skersinė jėga dešinėje nuo atramos:

$$Q_{d\,max} = Q_{gd} + \varphi \cdot Q_{pd} = 9{,}04 + 12{,}90 = 21{,}94 \text{ t}.$$

Jųjų diagrama parodyta 349 brėž..

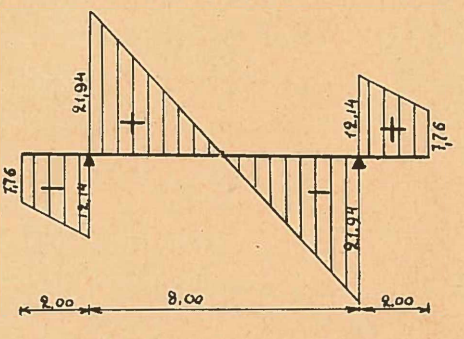
Kousolės pradžioje šlities įtempimai:

$$\tau_0 = \frac{Q_0}{b \cdot z} = \frac{7260}{30 \cdot 31{,}5} = \text{kg/cm}^2,$$

kur: $d_0 = 40$ cm,
$h = 35$ cm,
$z = 0{,}9 \cdot 35 = 31{,}5$.

Šlities įtempimai kairėje nuo atramos:

$$\tau_k = \frac{Q_k}{b \cdot z} = \frac{12141}{30 \cdot 85{,}5_j} = 4{,}7 \text{ kg/cm}^2.$$



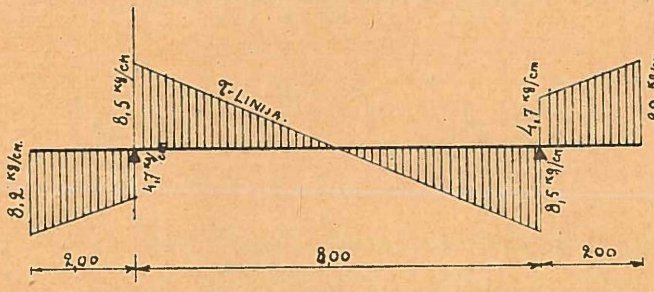
349 brėž.

Šlities įtempimai dešinėje nuo atramos:

$$\tau_d = \frac{Q_d}{b \cdot z} = \frac{21940}{30 \cdot 85{,}5} = 8{,}5 \text{ kg/cm}.$$

kur: $d_0 = 100$ cm,
$h = 95$ cm,
$z = 1{,}9 \times 95 = 85{,}5$.

350 brėž. nurodyta šlities įtempimų diagrama.

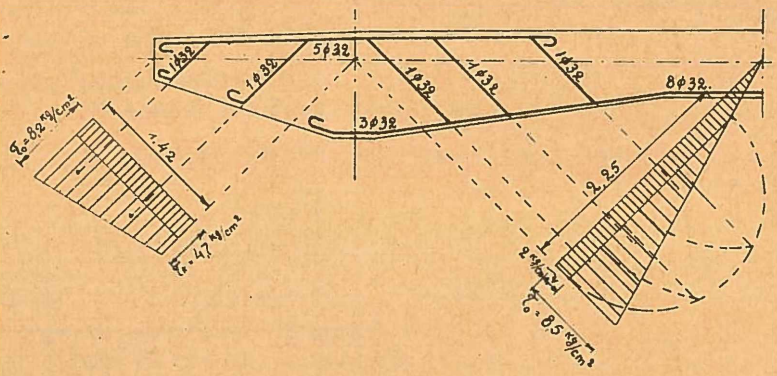


350 brėž.

Vilktys dviejų piūvių, diametras 8 mm, vienos nuo kitų 20 cm atstume tšlaiko $\tau_b = \frac{1205}{20.30} = 2$ kg/cm².

Įstriža tempiamoji jėga.

Konsolėje: $z = \frac{(8{,}2 - 2) + (4{,}7 - 2)}{2} \cdot 142.30 = 19000$ kg.



351 brėž.

Reikia išlenkti $\frac{19000}{1200} = 15{,}8$ cm². Išlenkti 2 apv. str. 32 m/m su $f_e = 16{,}08$ cm².

Viduriniame balkyje: $z = \frac{(8{,}5 - 2) . 210 . 30}{2} = 20500$ kg.

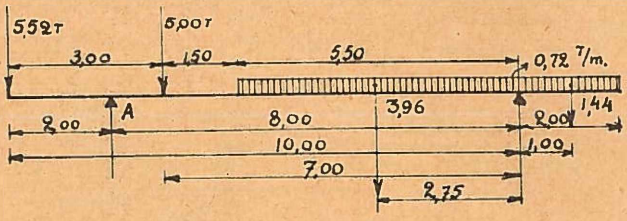
Reikia išlenkti $\frac{20500}{1200} = 17{,}10$ cm². Išlenkti 3 apv. str. 32 mm su $f_e = 24{,}13$ cm² (351 brėž.)

Sukibimo įtempimai: Konsolės pradžioje pereina 3 apv. str. 32 mm su $U = 24{,}13\ cm^2$, $z = 31{,}5$.

$$\tau_1 = \frac{Q}{2 . u . z} = \frac{7760}{2 . 24{,}13 . 31{,}5} = 5{,}10\ kg/cm^2 < 6{,}0\ kg/cm^2 .$$

b) *Atraminė dalis.* Savasis svoris

$$A_g = 2{,}19 \times 2{,}0 + 2{,}26 \times 4{,}0 = 13{,}42\ t .$$



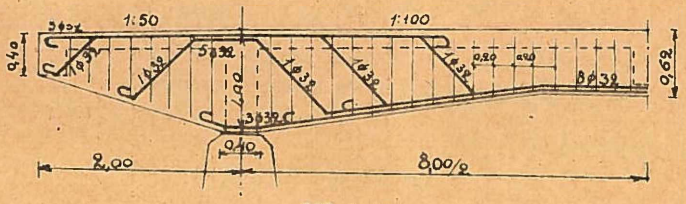
352 brėž.

Paslankusis krūvis (352 brėž.):

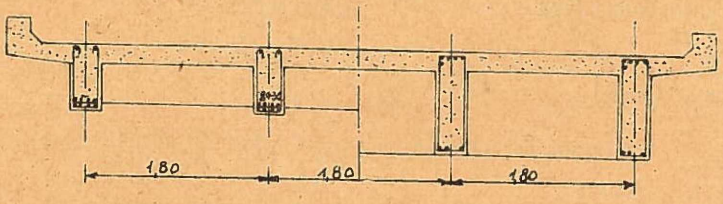
$$A_p = \frac{5{,}52 . 10.00 + 5{,}00 . 7{,}00 + 3{,}96 . 2{,}75 - 1{,}44 . 1{,}00}{8{,}00} = 12{,}50\ t ,$$

$$\varphi A_p = 1{,}4 \times 12{,}50 = 17{,}50\ t ,$$

$$A_{max} = A_g + \varphi A_p = 13{,}42 + 17{,}50 = 30{,}92\ tm .$$



353 brėž.

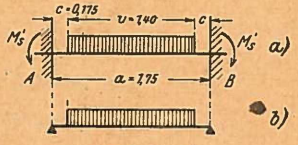


353 a brėž.

Spaudimas į taurus perduodamas švino plokštelėmis 25×30 cm ploto.

$$\sigma_{švi} = \frac{30920}{25 \times 30} = 40\ kg/cm^2 < 100\ kg/cm^2 ,$$

$$\sigma_{betonas} = 40\ kg/cm^2 < 50\ kg/cm^2 .$$



354 brėž.

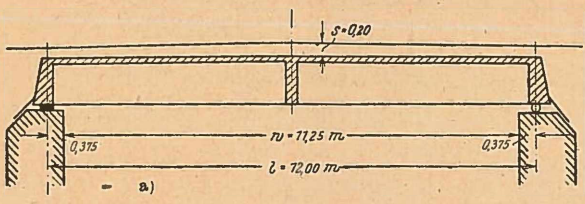
353, 353a brėž. parodytas tiltas išilginiam ir skersiniam pjūvyje su geležine armatūra.

III pavyzdys. Gelžbetoninio gatvės tilto skaičiavimas.

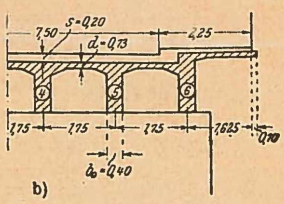
A. Pamatinės sąlygos.

Tilto šviesangis w = 11,25 m (354 a brėž.). Tilto plotis — 7,5 m (trims vežimams greta vienas kito). Skersinis abipusis nuolaidumas 1:60. Pėsčiųjų eismui šaligatviai paimti po 2,25 m pločio. Tuo būdu pilnas tilto platumas $b_1 = 7{,}5 + 2 \cdot 2{,}25 = 12{,}0$ m (354b brėž.).

Statiška skaičiuotė atlikta pagal vokiečių DIN 1045, krūviai pagal DIN 1072 ir skaičiavimo pamatas — pagal DIN 1075. Paimtas I kategorijos krūvis



354 a brėž.



354 b brėž.

Leidžiamieji įtempimai,

geležiai $\sigma_e = 1200$ kg/cm²,

betonui $\sigma_b = 45$ „

B. Konstrukcijos dalių išmierų parinkimas.

1. Skaičiuojamoji anga:

$$l = 1{,}03\,w + 0{,}40 = 12{,}0 \text{ m}.$$

2. Balkių tarpusavio atstumas a paimtas $= \frac{1}{7} \cong 1{,}75$ m; tąsyk tilto plotis bus:

$$b_1 = 5a + 2c = 5 \cdot 1{,}75 + 2 \cdot 1{,}625 = 12{,}0 \text{ m}$$

ir konsolės ilgis: $c = 1{,}625$ m.

3. Balkių aukštis d_0 paimtas $= \frac{1}{10}\, l = 1{,}20$ m; balkio plotis $b_0 = \frac{1}{3}\, d_0 = 0{,}40$ m.

4. Plokštės storis važiuojamoje daly $d = \frac{a}{9}$ arba $\frac{d_0}{6} \cong 0{,}20$ m, šaligatvių $d = 0{,}13$ m.

C. Krūviai.

Gelžbetonis	2400 kg/cm³
Betonas grindiniui	2250 „
Mozaikos grindinio akmenys . . .	2400 „

Savasis svoris.

a) Važiuojamoji dalis:

Mozaikos grindinys 10 cm aukščio ant 4 cm storumo smėlio sluoksnio g = ... = 305 kg/m²

5 cm betono . . . . . 0,05 . 2250 = 112 „

1,0 cm cemento skiedinys . . . . . = 25 „

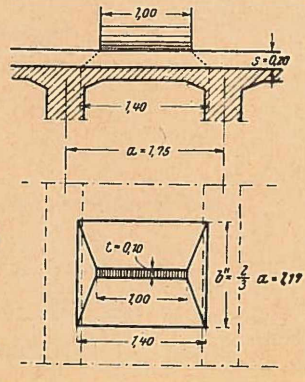
0,5 cm izoliacija . . . . . = 5 „

g = 447 kg/m² ≅ 447 kg/m².

b) Šaligatvis:

2 cm cemento tinko . . . . . = 45 kg/m²

Geležiniai turėkliai . . . . . = 20 „



Paslankūs krūviai.

a) Važiuojamoji dalis. Dužio koeficientas φ = 1.4.

Apdaro storumas s = 0,20 m

23 ton plentvolis:

Velkiantis plokštės plotis (pagal DIN 1075, § 6, p. 1 a)

b = b' = t + 2s = 0,10 + 2 . 0,20 = 0,50 m

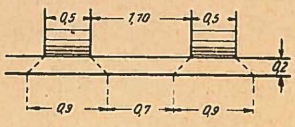
arba $b = b'' = \frac{2}{3} a = \frac{2}{3} 1{,}75 = 1{,}17$ su sąlyga,

kad b'' < t + 2s + 2.0,

vadinasi b'' < 0,10 + 2 . 0,20 + ×2,0=2,50 m.

Iš dviejų dydžių — b' ir b'' imamas didesnis, taigi:

b = b'' = 1,17 (354 c brėž.).

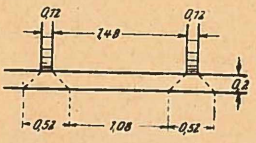


Priekinis ratas = 10 t.

$$p = \frac{10000 \cdot 1{,}4}{1{,}40 \cdot 1\,17} = 8550 \text{ kg/m}^2.$$

Užpakalinis ratas = 65 t (354 d brėž.):

$$p = \frac{6500 \cdot 1{,}4}{0{,}90 \cdot 1{,}17} = 8650 \text{ kg/m}^2.$$



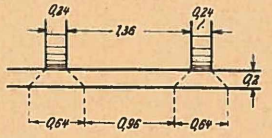
9 t krovinių automobilis:

Priekinis ratas = 1,5 t (354 e brėž.):

$$p = \frac{1500 \cdot 1{,}4}{0{,}52 \cdot 1{,}17} = 3450 \text{ kg/m}^2.$$

Užpakalinis ratas = 3,0 t (354 f (brėž.):

$$p = \frac{3000 \cdot 1{,}4}{0{,}64 \cdot 1{,}17} = 5610 \text{ kg/m}^2.$$



Žmonių minia 500 kg/m²:

p = 500 . 1,4 = 700 kg/m².

354 c, d, e ir f brėž.

b) Šaligatvis, φ = 1,0 (vadinasi, be dužio koeficiento).

Žmonių minia 500 kg.

Turėklių horizontalė jėga 80 kg/m.

D. Konstrukcijos išmierų skaičiavimas.

I. Šaligatvio plokštė.

Plokštės svoris . . . . . 0,13 . 2400 = 312 kg/m
Tinkas . . . . . = 45 „

$g_1 = 357$ kg/m² ≅ 355kg/m².

1. Momentas virš kraštutinio balkio (a) pagal 353 g brėž.:

$$M_g = 20 \cdot 1{,}625 + 355 \cdot 1{,}725^2 \cdot \frac{1}{2} = 560 \text{ kg m},$$

$$M_p = 80 \cdot 1{,}12 + 500 \cdot 1{,}625 \cdot \frac{1}{2} = 750 \text{ „}$$

$$M = 1310 \text{ kgm}$$

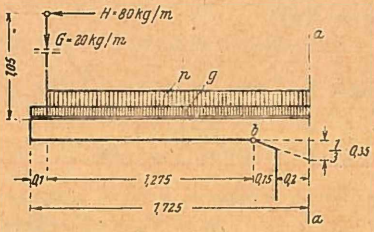
Plokštės storumas įtvirtinimo vietoje a — a yra:

$$d = 13 + \frac{35}{3} = 24{,}7 \text{ cm},$$

$h = 22{,}7$ cm, $b = 1{,}0$ m.

Išilginę jėgą H = 80 kg/m galima neskaityti. Gauname $r = h\sqrt{M} = 22{,}7 : \sqrt{13.0} = 0{,}628$ ir $\sigma_b = 24$ kg/cm², $\sigma_e = 1200$ kg/cm², tąsyk:

$f_e = 00{,}0144\sqrt{M} = 5{,}2$ cm².



354 g brėž.

2. Momentas vuto pradžioje b:

$$M_g = 20 \cdot 1{,}275 + 355 \cdot 1{,}375^2 \cdot \frac{1}{2} = 360 \text{ kgm}$$

$$M_p = 80 \cdot 1{,}12 + 500 \cdot 1{,}275^2 \cdot \frac{1}{2} = 494 \text{ „}$$

$$M = 855 \text{ kgm}$$

Jei d = 13 cm, h = 11 cm, b = 1,0 m, turime: $r = h : \sqrt{M} = 11{,}0 : \sqrt{855} = 0{,}375$; prie $\sigma_e = 1200$ kg/cm² atitinkamas $\sigma_b = 45$ kg/cm²; tąsyk; $f_e = 0{,}00253 \cdot \sqrt{M} = 7{,}4$ cm².

Parinkta 10 mm skersm. geležis per 10,6 cm atstumo. Kirpimo įtempimas ties vuto pradžia b:

$$Q = 355 \cdot 1{,}375 + 500 \cdot 1{,}275 + 20 = 1146 \text{ kg},$$

$$z = h - \frac{x}{3} = 0{,}88 \cdot 11{,}0 = 9{,}7 \text{ cm},$$

$$\tau = \frac{1146}{100 \cdot 9{,}7} = 1{,}18 \text{ kg/cm}^2.$$

II. Važiuojamosios dalies plokštė.

a) Atraminiai momentai nuo šaligatvio konsolės.

Nuo pastovaus krūvio atraminis momentas virš kraštutinio balkio (žiūr. I, 1):

$$M_{g1} = M_{g6} = -560 \text{ kgm}.$$

Nuo paslankaus krūvio:

$$M_{p1} = M_{p6} = -750 \text{ kgm}.$$

Jei priimti, kad iš pradžių veikia tik vienas momentas M_{g1} ir ir laikyti pagal DIN, 8 § plokštę nekarpyta ant neelastiškų atramų sija (atramos 1—6), tai pagal Klaiperono lygtis gauname:

$$\begin{aligned} -560 + 4M_2 + M_3 &= 0 \quad (1c)\\ M_2 + 4M_3 + M_4 &= 0 \quad (2c)\\ M_3 + 4M_4 + M_5 &= 0 \quad (3c)\\ M_4 + 4M_5 + 0 &= 0 \quad (4c) \end{aligned}$$

Iš lygčių 3c ir 4c gaunama:

$$M_5 = -\frac{1}{4} M_4, \quad M_3 + 3{,}75\, M_4 = 0 \quad \text{ir} \quad M_4 = -0{,}267\, M_3,$$

taip pat iš lygčių 2c:

$$3{,}75\, M_2 + 14 M_3 = 0 \quad \text{ir} \quad M_3 = -0{,}268\, M_2$$

ir iš lygčių 1c: $$3{,}732\, M_2 - 560 = 0.$$

Taigi gauname: $M_2 = +150$ kgm; $M_3 = -40{,}2$ kgm.

$M_4 = +10{,}7$ kgm; $M_5 = -0{,}27$ kgm.

Momentus nuo paslankaus kruvio šaligatviuose gauname padauginę šituos dydžius iš $\frac{750}{560}$. Kadangi tilto piūvis simetriškas ir konsolės veikia abu kraštutinius balkius 1 ir 6, tai atraminiai momentai nuo pastovaus krūvio gaunami, kaip rodo lentelė, sudedant $(M_1 + M_6)$, $(M_2 + M_5)$ ir $(M_3 + M_4)$.

Apkrovimo rūšis	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
Nuo pastovaus krūvio, jei M_{g1} veikia vienas	— 560	+ 150	— 40,2	+ 10,7	— 0,27	0
Nuo paslankaus krūvio	— 750	+ 201	— 54,0	+ 14,3	— 0,36	—
Nuo pastovaus krūvio, kai M_{g1} ir M_{g6} sykiu veikia	— 560	+ 150	— 29,5	— 29,5	+ 150	— 560

b) Atraminiai momentai nuo važiuojam. dalies plokštės savojo svorio:

Plokštės savasis svoris . . . . $0{,}20 \cdot 2490 = 480$ kg/m²

Grindinio svoris (žiūr. C, a) . . . . . = 445 „

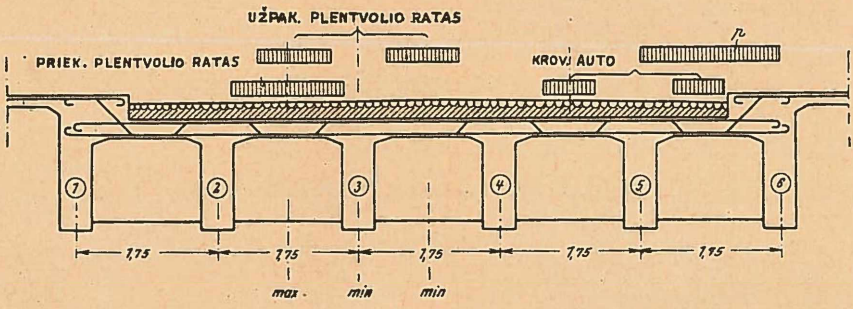
$g_2 = 925$ kg/m²

Pagal Vinklerio lenteles gaunama simetriškam balkiui šešiomis atramomis:

$$M_1 = M_6 = 0\,,$$
$$M_2 = M_5 = -925 \cdot 1{,}75^2 \cdot 0{,}1053 = -298 \text{ kgm}\,,$$
$$M_3 = M_4 = -925 \cdot 1{,}75^2 \cdot 0{,}0789 = -223 \text{ kgm}\,.$$

c) Atraminiai momentai nuo paslankaus krūvio.

Maksimalis teigiamas terpės momentas, kaip matyti iš 356 h brėž., gaunamas terpėje 2—3, kai ten stovi priekinis plentvolio ratas ir ant 5-to balkio stovi krovinių automobilis. Tąsyk vienu laiku gaunami makslmaliai neigiami



354 h brėž.

momentai 3—4 ir 1—2 terpėse. Maksimalį atraminį momentą gauname, kai užpakaliniai plentvolio ratai stovi ant 3 balkio su žmonių minia 5—6 terpėje. Visoms krūvių padėtims kairė konsolė imama apkrauta, dešinė gi paskutiniu išvardintu atsitikimu laikoma neapkrauta.

Momentai gaunami pagal žinomą Riterio pastovių taškų metodą. 354i brėž. iš pradžių pagalba trečdalio linijų nustatyti pastovūs taškai (vadin. fokusai), paskui apskaičiuotos susikryžiuojančių linijų atkarpos ir nužymėtos brėžiny, po to grafiškai nustatyti atraminiai momentai*).

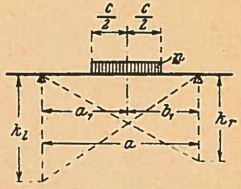
Dalinam apkrovimui pagal 354 k brėž. gauname susikryžiuojančių linijų atkarpas, kai ekvivalentinio sutelktojo krūvio momentas $M_0 = \frac{pca_1b_1}{l}$, šiomis formulėmis (l — a = b):

$$k_l = \frac{pca_1}{a^2}\left(a^2 - a_1^2 - \frac{c^2}{4}\right) = \frac{pca_1}{a^2}\left[(a + a_1)(a - a_1) - \frac{c^2}{4}\right] =$$

$$= \frac{pca_1b_1}{a}\left(1 + \frac{a_1}{a} - \frac{c^2}{4b_1a}\right)$$

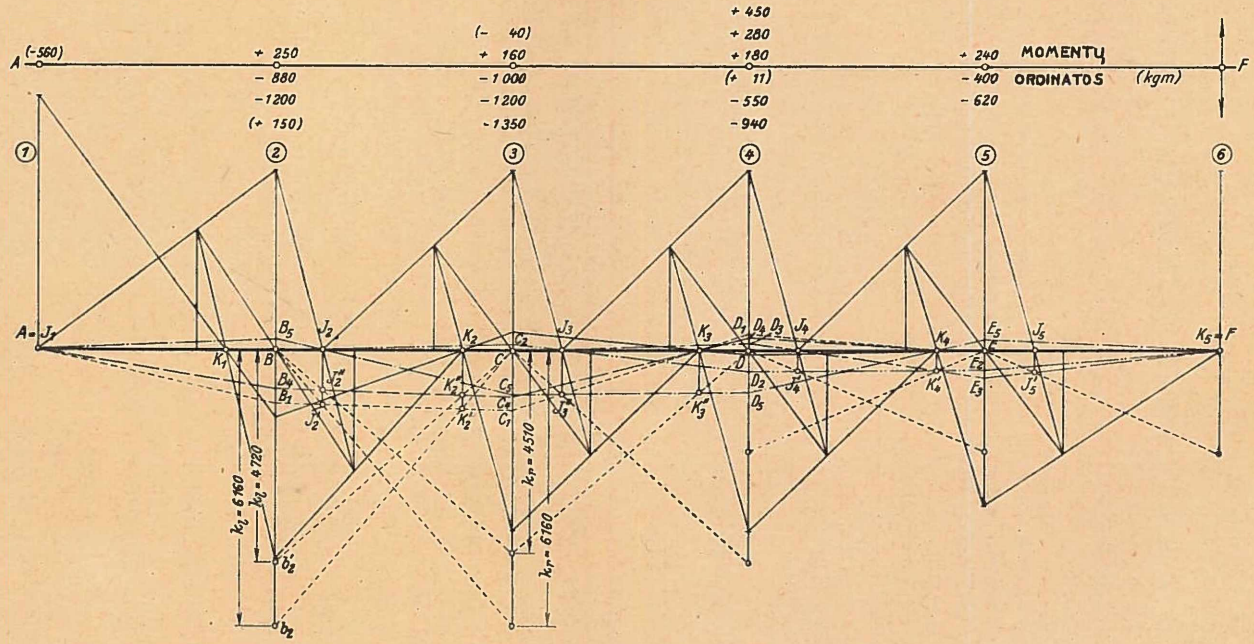
arba $k_l = M_0\left(1 + \frac{a_1}{a} - \frac{c^2}{4b_1a}\right)$,

$$k_r = M_0\left(1 + \frac{b_1}{a} - \frac{c^2}{4a_1a}\right).$$



354 k brėž.

*) Žiūrėti: Mörsch „Durchlaufende Träger" 1928 m. (yra rusiškas vertimas 1930 m.); Akimov-Peretz „Nierazrieznyja balki" 1927 m.


MOMENTŲ
ORDINATOS (kgm)
A
F
(-560)
+ 250
- 880
-1200
(+ 150)
(- 40)
+ 160
- 1000
-1200
-1350
+ 450
+ 280
+ 180
(+ 11)
- 550
- 940
+ 240
- 400
- 620
1
2
3
4
5
6
$k_2 = 6160$
$k_2 = 4720$
$k_n = 4510$
$k_n = 6160$

354 i brėž.

1 atsitikimas. Plentvolio priekinis ratas terpėje 2—3 (354c ir 354l brėž.). Kai $a = b_1 = \frac{a}{2} = \frac{1,75}{2}$,

$$M_0 = \frac{pca}{4} = 8550 . 1,40 . \frac{1,75}{4} = 5230 \text{ kgm},$$

$$k_l = k_r = 5230 \left(1 + \frac{0,875}{1,75} - \frac{1,4^2}{4 . 0,875 . 1,75}\right) = 6160 \text{ kgm}.$$

Jei gautas šiomis formulėmis susikryžiuojančių linijų atkarpas atidėti ant vertikalių pro taškus 2 ir 3 (354i brėž.), tai galime rasti pastovių taškų I_2 ir K'_2 padėtį, o per tat atraminius momentus. Taigi pasinaudodami pastoviais taškais (fokusais) $I_1 = A$, K_3, K_4 ir $K_5 = F$ surandame grafišku būdu 354i brėž. atraminių momentų ordinates laužytos linijos $A B_1 C_1 D_1 E_1 F$ pagalba.

$M_1 = M_6 = 0$ kgm, $M_2 = -1200$ kgm,
$M_3 = -1350$ „ $M_4 = +450$ „
$M_5 = -100$ „

II atsitikimas. Užpakalinis krovinių automobilio ratas terpėje 4—5 (354f ir m brėž.). Gauname:

$$M_0 = 5610 . 0,64 . \frac{1,75}{4} = 1570 \text{ kgm},$$

$$k_l = k_r = 1570 \left(1 + \frac{0,875}{1,75} - \frac{0,64^2}{4 . 0,875 . 1,75}\right) = 2250 \text{ kgm}.$$

Taškų b_4 ir c_4 ir pastovių taškų pagalba išbraižoma linija $A B_2 C_2 D_2 E_2 F$ su ordinatėmis:

$M_1 = M_6 = 0$ kgm, $M_2 = -40$ kgm,
$M_3 = +160$ „ $M_4 = -550$ „
$M_5 = -400$ „

III atsitikimas. Užpakalinis krov. automobilio ratas terpėje 5—6 (354f ir n brėž.):

$$M_0 = \frac{5610 . 0,64 . 0,725 . 1,025}{1,75} = 1525 \text{ kgm},$$

$$k_r = 1525 \left(1 + \frac{1,025}{1,75} - \frac{0,64}{4 . 0,725 . 1,75}\right) = 2290 \text{ kgm}.$$

Išeinant iš taškų F' ir I'_5 išbrėžiama laužyta linija $F E_3 D_3 C_3 B_3 A$ su ordinatomis:

$M_1 = M_6 = 0$ kgm, $M_2 = + \sim 0$ kgm,
$M_3 = -40$ „ $M_4 = +180$ „
$M_5 = -620$ „

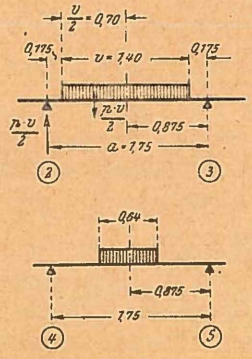
IV atsitikimas. Užpakaliniai plentvolio ratai terpėse 2—3 ir 3—4 (354d ir o brėž.).

Terpėje 2—3 gauname:

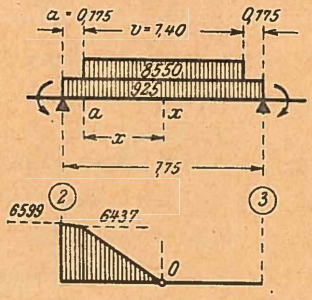
$$M_0 = \frac{8650 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}95}{1{,}75} = 3380 \text{ kgm},$$

$$k_l = 3380\left(1 + \frac{0{,}95}{1{,}75} - \frac{0{,}90^2}{4 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}75}\right) = 4720 \text{ kgm}.$$

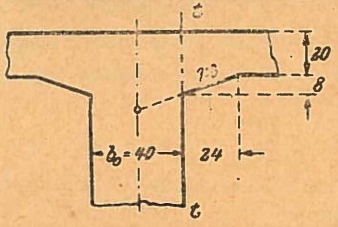
$$k_r = 3380\left(1 + \frac{0{,}80}{1{,}75} - \frac{0{,}90^2}{4 \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}75}\right) = 4510 \text{ kgm}.$$



354 l, m, n ir o brėž.



354 p brėž.



354 r brėž.

Atramai 4 dėl simetrijos turime $k'_1 = k_1$. Pradiniai laužytai linijai brėžti taškai čia bus b'_2 ir apač a atkarpos k_r. Kadangi abiejų laužytų linijų $A B_4 C_4 D_4 E_4 F$ ir $A B_5 C_5 D_5 E_5 F$ momentai veikia kartu, tai jų ordinatės turi būt algebraiškai sudėtos. Tąsyk gauname!

$$M_1 = M_6 = 0,$$
$$M_2 = -\ 880 + 250 = -\ 630 \text{ kgm}$$
$$M_3 = -1000 - 1200 = -2200 \text{ „}$$
$$M_4 = +\ 280 - 940 = -\ 660 \text{ „}$$
$$M_5 = -\ 70 + 240 = +\ 170 \text{ „}$$

V a t s i t i k i m a s. Žmonių minia terpėje 5—6. Klapeirono lygtys tąsyk bus ($M_1 = M_6 = 0$):

$$0 + 4M_2 + M_3 = 0, \qquad M_2 = -\frac{1}{4} M_3,$$

$$M_2 + 4M_3 + M_4 = 0, \qquad M_3 = -\frac{4}{14} M_3,$$

$$M_3 + 4M_4 + M_5 = 0, \qquad M_4 = -\frac{15}{56} M_5,$$

$$M_4 + 4M_5 + 0 = -\frac{1}{4} pl^2,$$

$$M_5 = -\frac{16}{209} pl^2 = -\frac{16}{209} \cdot 700 \cdot 1{,}75^2 = -164 \text{ kgm}.$$

Tuo būdu: $M_4 = +44$ kgm, $M_3 = -12$ kgm, $M_2 = +3$ kgm.

d) Didžiausias momentas terpėje 2—3.

Sudėjus atraminius momentus nuo šaligatvio konsolės (žiūrėti II, a), savojo svorio (II, b) ir nuo paslankaus krūvio (II, c, I, II ir III atsitikimai), gausime:

$M_2 = +150 + 201 - 298 - 1200 - 40 = -1187$ kgm,

$M_3 = (-40{,}2 + 10{,}7) + (-54 + 14{,}3) - 223 - 1350 + 160 - 40 = -1522$ kgm.

Toliau skersinės jėgos atramose (354 p brėž.) nuo savojo svorio ir paslankaus krūvio (I atsitikimas):

$$Q_2 = 925 \cdot \frac{1{,}75}{2} + 8550 \frac{1{,}40}{2} - \frac{1522 - 1187}{1{,}75} = 810 + 5980 - 191 = 6599 \text{ kg},$$

$Q_3 = 810 + 5980 + 191 = 6981$ kg

ir piūvy a (354 p brėž.):

$Q_a = 6599 - 925 \cdot 0{,}175 = 6437$ kg.

Kad suradus piūvio, kuriame esti maksimalinis momentas, atstumą x nuo piūvio a, nustatoma padėtį taško 0, kuriame skersinė jėga lygi nuliui. Iš lygčių $Q_a - x \Sigma p = 0$ turime kai $\Sigma p = 8550 + 925 = 9475$ kgm,

$$x = Q_a : \Sigma p = 6437 : 9475 = 0{,}68 \text{ m}.$$

Tuo būdu atstumas nuo kairiosios atramos $= 0{,}175 + 0{,}68 = 0{,}855$ m. Tąsyk turime:

$$\max M = 6599 \cdot 0{,}855 - 1187 - 925 \cdot \frac{0{,}855^2}{2} - \frac{8550}{2} \cdot \frac{0{,}68^2}{2} = 2140 \text{ kgm}.$$

Paėmę piūviui išmieras $d = 20$ cm, $h = 18$ cm, $b = 1{,}0$ m, gauname

$r = h : \sqrt{M} = 18{,}0 : 46{,}3 = 0{,}389$; $\sigma_b = 42$ kg/cm², $\sigma_e = 1200$ kg/cm²

ir $f_e = 0{,}00243 \cdot \sqrt{M} = 11{,}25$ cm².

Paimta 14 mm skersmens strypai per 13,7 cm atstumo su $f_{e\,esam} = 11{,}23$ cm², pakaitomis vienas tiesus ir vienas užlenktas į viršų strypas.

e) Maksimalis neigiamas terpės momentas.

Kadangi balkiai atsispiria plokštės sukimui, tai neigiami terpės momentai nuo paslankaus krūvio pagal DIN 1045, 17 § imami skaičiuotei pusiau sumažinti.

Terpe 3—4. Be savojo svorio ir paslankaus krūvio abejose konsolėse (žiūrėk a) terpė yra veikiama priekinio plentvolio rato, stovinčio terpėje 2—3 (žiūr. I atsit.) ir abiejų užpakalinių automobilio ratų terpėje 4—5 ir 5—6 (žiūr II ir III atsit.). Tada:

$$M_3 = -29{,}5 - \frac{1}{2}(54 - 14{,}3) - 223 - \frac{1}{2}\cdot 1350 + \frac{1}{2}\cdot 160 - \frac{1}{2}\cdot 40 = -887 \text{ kgm},$$

$$M_3 = -29{,}5 - \frac{1}{2}(54 - 14{,}3) - 223 + \frac{1}{2}\cdot 450 - \frac{1}{2}\cdot 550 + \frac{1}{2}\cdot 180 = -232 \text{ kgm}.$$

Tuo būdu maksimalis neigiamas momentas vidury terpės 3—4 (kai g = 925 kg/m pastovaus krūvio, žiūr. b):

$$M = \frac{-887 + 232}{2} + 925 \cdot 1{,}75^2 \cdot \frac{1}{8} = -207 \text{ kgm}.$$

Paėmę piūvio išmieras d = 20 cm, h = 18 cm, b = 1,0 m gauname

$r = h : \sqrt{M} = 1{,}25$, atitinkamas $\sigma_b = 11$ kg/cm², $\sigma_e = 1200$ kg/cm²

$$f_e = 0{,}000694 \cdot \sqrt{M} = 1{,}0 \text{ cm}^2.$$

Paimta $\frac{1}{2}\cdot 11{,}25 = 2{,}8 \text{ cm}^2$.

Terpė 1—2. Čia paimta toks pat apkrovimas kaip terpėje 3—4. Atramose momentus iššaukia tik pastovus konsolių (savojo svorio) apsloginimas ir jų laikinas krūvis. Tuo būdu gauname:

$$M_1 = -560 - \frac{1}{2}\cdot 750 = -935 \text{ kgm}.$$

Momentas M_2 iššaukiamas konsolių savojo svorio ir paslankaus krūvio (žiūr. a), važiuojamosios dalies savojo svorio (žiūr. b) ir paslankaus krūvio, kaip terpėje 3—4:

$$M_2 = +150 + \frac{1}{2}\cdot 201 - 298 - \frac{1}{2}\cdot 1200 - \frac{1}{2}\cdot 40 = -660 \text{ kgm}.$$

Tad čia: $M = -\frac{935 + 660}{2} + 925 \cdot 1{,}75_2 \cdot \frac{1}{8} = -443$ kgm

esti maksimalis neigiamas momentas. Tasyk paėmę d = 20 cm, h = 18 cm ir b = 1,0 m gauname:

$r = 0{,}855$, $\sigma_b = 17$ kg/cm², $\sigma_e = 1200$ kg/cm², $f_e = 2{,}21$ cm²,

$$f_{e\ esam} = \frac{1}{4}\cdot 11{,}25 = 2{,}8 \text{ cm}^2.$$

f) *Maksimalis atraminis momentas.*

Pavojingiausias yra toks apkrovimo būdas: a) savasis svoris abiejų konsolių ir paslankus krūvis ant kairiojo šaligatvio, b) savasis svoris važiuojamosios dalies, c) užpakaliniai plentvolio ratai terpėse 2—3 ir 3—4 (IV atsit.) ir, pagaliau, žmonių minia terpėje 5—5. Tuo būdu:

$$M_3 = -29{,}5 - 54 - 223 - 2200 - 12 = -2519 \text{ kgm}.$$

Pagal 354 r brėž. čia priimame: $h = 18 + \frac{44}{3} = 32{,}7$ cm, $b = 1{,}0$ m, tąsyk $r = 0{,}651$ ir. $\sigma_b = 23$ kg/cm² kai $\sigma_e = 1200$ kg/cm², $f_e = 7{,}0$ cm².

Paimta: $f_{e\,esam} = 2 \cdot \frac{11{,}25}{2} = 11{,}25$ cm².

g) Gautųjų išmierų patikrinimas laikant plokštę įtvirtinta.

Imame sunkiausią paslankų krūvį — plentvolio priekinis 10 tonų ratas terpės vidury, vadinasi $p = 8550$ kg/m², kai $g_2 = 920$ kg/m². Tada:

$$q = p + g_2 = 8550 + 925 = 9475 \text{ kg/cm}^2,$$

$$M = -9475 \cdot 1{,}35^2 \cdot \frac{1}{12} = -1430 \text{ kgm}.$$

Kadangi čia $h = 18 + 8 = 26$, $b = 1{,}0$ m, tai $r = 0{,}688$,
tąsyk $\sigma_b = 22$ kg/cm², $\sigma_e = 1200$ kg/cm², $f_e = 4{,}95$ cm².

Turime: $\frac{1}{2} \cdot 11{,}25 = 5{,}675$ cm².

h) Skersinė armatūra.

Pagal DIN 1075 § 6, p. 1 galima tik tuomet imti krūvių paskirstymą pagal 354 p brėž., kai yra atitinkama skersinė armatūra.

Atsparioji armatūra terpėje 2—3, įdedama vien tik dėl ratų slėgimo, nustatoma šiuo būdu. Imame I atsitikimas (plentvolio priekinis ratas terpėje 2—3) ir II ir III atsitikimai (užpakaliniai automobilio ratai terpėse 4—5 ir 5—6).

Tąsyk: $M_2 = -1200 - 40 = -1240$ kgm,
$M_3 = -1350 + 160 - 40 = -1230$ kgm,

tada: $\frac{1}{2}(M_2 + M_3) = -1235$ kgm ir

$$M = p\frac{v}{2} \cdot \frac{a - v}{2} - \frac{M_2 + M_3}{2} = 8550 \cdot 0{,}7 \cdot \frac{1{,}75 - 0{,}70}{2} - 1235 = 1825 \text{ kgm}.$$

Tuo būdu, kai $d = 20$ cm, $h = 18$ cm, $b = 1{,}0$, gauname $r = 0{,}421$ ir $\sigma_b = 39$ kg/cm² esant $\sigma_e = 1200$ kg/cm², toliau $f_e = 9{,}44$ cm².

Kadangi čia $t + 2s = 0{,}10 + 2 \cdot 0{.}20 = 20 = 0{,}50$ m ir $b = b'' = 1{,}17$ m, tai turime: $c = 0{,}10 + 0{,}10\,[b - (t + 2s)] = 0{,}10 + 0{,}10\,(1{,}17 - 0{,}50) =$

$$= 0{,}167 \cong \frac{1}{6}.$$

Vadinasi skersinė armatūra $f_{e\,sk} = \frac{1}{6} \cdot 9{,}44 = 1{,}58$ cm².

Paimta 3 strypai 10 mm vienam ts. m = 2,36 cm².

i) Kirpimo įtempimai.

Pagal 354 p ir r brėž. skersinė jėga ties balkio kraštu (piūvy t—t) nuo savojo svorio yra:

$$Q_g = 925 \cdot (1{,}75 - 0{,}40) \cdot \frac{1}{2} = 624 \text{ kg}.$$

Kirpimo įtempimui nuo paslankaus krūvio nustatyti laikome (pagal DIN 1075, § 6, pl a), kad plokštės veikiantysis plotis esti:

$$b_1 = t + 2s = 0{,}10 + 2 \cdot 0{,}20 = 0{,}50 \text{ m}.$$

Tąsyk pagal posmo d paaiškinimus, skersinė jėga nuo paslankaus krūvio piūvy t—t bus:

$$Q_p = 659 \cdot \frac{1{,}35/2}{1{,}40/2} \cdot \frac{1}{0{,}5} = 12730 \text{ kg}$$

ir iš viso:

$$Q = Q_g = Q_p = 624 + 12730 \cong 13350 \text{ kg}.$$

Tąsyk:

$$\tau = \frac{13350}{100 \cdot 0{,}9 \cdot 26{,}0} = 5{,}7 \text{ kg/cm}^2,$$

vadinasi, mažesnis, negu 6 kg/cm². Nebereikalingi lenkimo momentui priimt strypai užlenkiami į spaudimo zoną. Užlenkta pusė plokštės armatūros

$$= \frac{1}{2} \cdot 11{,}25 = 5{,}625 \text{ cm}^2.$$

III. Viduriniš balkis (l = 12,0 m).

a) Krūviai.

Savasis svoris (354 r brėž.).

Plokštė	$a \cdot g_2 = 175 \cdot 925$	= 1620 kg/m
Vutai	$0{,}28 \cdot 0{,}24 \cdot 2400$	= 45 „
Balkis	$\sim 0{,}40 \cdot (1{,}20 - 0{,}20) \cdot 2400$	= 950 „
		g = 2625 kg/m

Tolygiai paskirstytas paslankus krūvis (žmonių minia) plentvolio prieky ir užpakały:

$$p_1 = 1{,}75 \cdot 700 = 1225 \text{ kg/m}.$$

Sutelkti plentrolio krūviai.

Priekinis ratas (354 s, a brėž.):

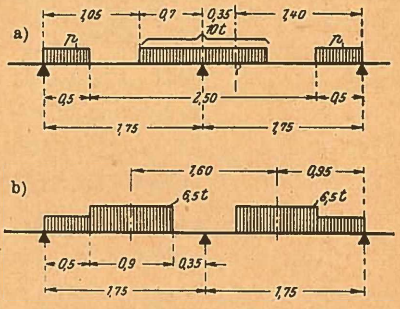
$$P_1 = \frac{2 \cdot 10000}{2} \cdot 1{,}4 \cdot \frac{1{,}40}{1{,}70} = 11200 \text{ kg}.$$

Užpakaliniai ratai (354 s, b brėž.):

$$P_2 = 2 \cdot 6500 \cdot 1{,}4 \cdot \frac{0{,}95}{1{,}75} = 9880 \text{ kg}.$$

Tolygiai paskirstytas paslankus krūvis (žmonių minia) greta plentvolio:

$$p = 2 \cdot 700 \cdot 0{,}5 - \frac{0{,}25}{1{,}75} = 100 \text{ kg/m}.$$



354 s brėž.

b) Momentai.

Skaičiuotei suprastinti pakankamu tikslumu imame tolygiai per visą balkio ilgį paskirstytą krūvį p_1, atitinkamai sumažintus (pagal užimtą plotą) sutelktus plentvolio krūvius. Priekinis ratas užima plotą 2,5 . 3.0 m² ir abu užpakaliniai ratai kartu tokį pat plotą.

Tąsyk pagal 454 t brėž.:

$$P'_1 = 11200 - \left(700 \cdot 2 \cdot \frac{2,5}{2} \cdot \frac{1,125}{1,75} \cdot 3,0\right) = 7830 \text{ kg} .$$

$$P'_2 = 9880 - \left(700 \cdot 2 \cdot \frac{2,5}{2} \cdot \frac{1,125}{1,75} \cdot 3,0\right) = 6510 \text{ kg} .$$

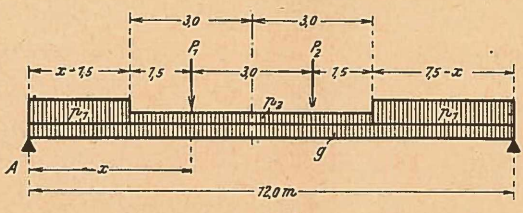
Todėl momentai bus:

nuo savojo svorio

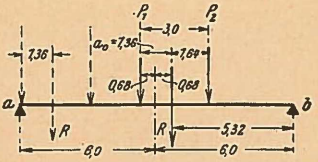
$$M = \frac{gl^2}{8} = 2625 \cdot 12,0^2 \cdot \frac{1}{8} = 47250 \text{ kgm} ,$$

nuo paslankaus krūvio p_1

$$M = \frac{p_1 l^2}{8} = 1225 \cdot 12,0^2 \cdot \frac{1}{8} = 22050 \text{ kgm} .$$



354 t brėž.



354 u brėž.

Sutelkti krūviai pavojingiausioje padėty (354 u brėž.):

$$R = P'_1 + P'_2 = 7830 + 6510 = 14340 \text{ kg} ,$$

atstu nuo P_1:

$$a_0 = 6510 \cdot 3,0 \cdot \frac{1}{14340} = 1,36 \text{ m} .$$

Tada momentas po jėga P_1:

$$M = 14340 \cdot \frac{5,32}{12,0} \cdot 5,32 = 33800 \text{ kgm} ,$$

taigi $\Sigma M = 47250 + 22050 + 33800 = 103100 \text{ kg/m}$.

Paėmę: $d_0 = 1,20$ m, $h = 1,13$ m, $b = 1,75$ m gauname:

kai $\sigma_b = 40 \text{ kg/cm}^2$ ir $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ $f_e = 81,8 \text{ cm}^2$.

Paimta 4 strypai 36 mm ir 5 strypai 32 = 81,0 cm².

c) Skersinės jėgos.

Atramoje a skersinė jėga taip nustatoma (žiūr. punktirą, 354 u brėž.).

$$A_g = g \frac{l}{2} = 2625 \cdot 6,0 = 15750 \text{ kg}$$

$$A_p = p_1 \frac{l}{2} = 1225 \cdot 6,0 = 7350 \text{ „}$$

$$Q_p = 14320 \cdot \frac{(12,0 - 1,36)}{12,0} = 12700 \text{ „}$$

$$35800 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{Q}{b_0 z} = \frac{35800}{40 \cdot 0,9 \cdot 113} = \frac{35800}{4068} = 8,8 \text{ kg/cm}^2 .$$

Paimta 10 mm vilktys per 20 cm atstumo. Jos priima įtempimą:

$$\tau_B = \frac{2 f_B \cdot \sigma_e}{e b_0} = \frac{2 . 0{,}785 . 1200}{20 . 40} = 2{,}37 \text{ kg/cm}^2 .$$

Tada išlenkti strypai priima įtempimus $(\tau - \tau_B)$ ir esti tempiami jėga:

$$Z = b_0 \frac{v}{\sqrt{2}} \frac{\tau_1 + \tau_2}{2} .$$

Reikalingas armatūros piūvis $F_e = Z : 1200$.

Kerpimo įtempimai gaunami iš maksimalių skersinių jėgų linijos. Pastaroji nustatoma matematiškai, padalinus balkį į dalis, ilgio v = 1,0 m (354 v brėž.).

Savasis svoris:

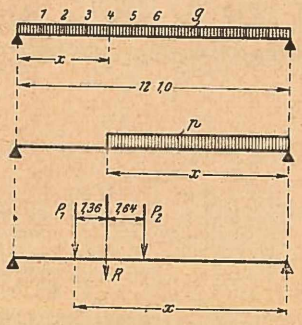
$$Q_g = g\left(\frac{l}{2} - x\right) = g\,(6{,}0 - x) .$$

Paslankusis išskirstytas krūvis:

$$Q_p = p \frac{x^2}{21} = \frac{1}{24} p x^2 .$$

Sutelkti krūviai:

$$Q_P = R \frac{x - 1{,}36}{12{,}0} .$$



354 v brėž.

Rezultatai surašyti žemiau dedamoje lentelėje.

		0	1	2	3	4	5	6
1	Q_g	15750	13125	10500	7875	5250	2625	— kg
2	Q_p	7350	6160	5100	4130	3265	2500	1835 „
3	Q_P	12700	11500	10300	9110	7920	6730	5540 „
4	Q_{max}	35800	30785	25900	21115	16435	11855	7375 „
5	$\tau = \frac{Q_{max}}{b_0 z}$	8,80	7,57	6,38	5,20	4,05	2,92	1,81 kg/cm²
6	$(\tau - \tau_B) =$	6,43	5,20	4,01	2,83	1,68	0,55	—0,56 „
7	$(\tau + \tau_2) =$	11,63	9,21	6,84	4,51	2.23	0,55	— „
8	$v =$	100	100	100	100	100	50	— cm
9	$Z =$	16450	13020	9660	6380	3150	777	— kg

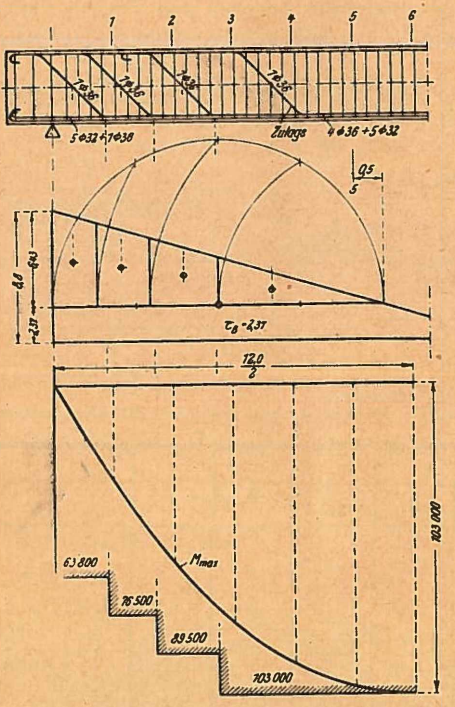
7 eilutės dydžiai $(\tau_1 + \tau_2)$ yra išskaičiuojami iš 6 eilutės dydžių, pav., 6,43 + 5,20 = 11,63:

$$\Sigma Z = 49437 \text{ kg}, \quad F_e = 49437 : 1200 = 41{,}2 \text{ cm}^2 .$$

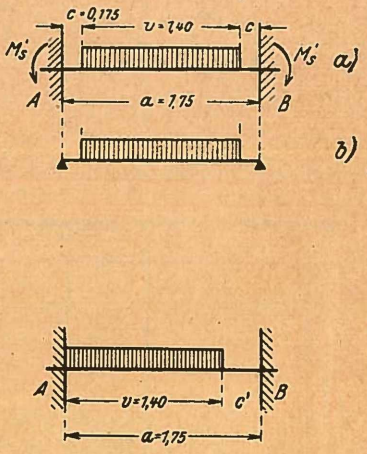
Tad čia užlenkti 4 strypai 36 mm su $f_e = 40{,}74\ cm^2$, iš kurių 3 strypai paimti užlenktais galais, o ketvirtas atskiras — specialiai įdėtas trumpas strypas.

Kad nustačius, kuriose vietose strypai turi būti sulenkiami, galima vadovautis laiptų pavidalo išbrėžta šlities įtempimų diagrama, nes tolygiai paskirstyto krūvio įtaka yra nežymi. · Strypų lenkimo vietų suradimas (ant balkio ašies) parodytas 354 x brėž.; ten taip pat parodyta maksimalių momentų linija.

Sukibimo įtempimas $\tau_1 = \frac{Q}{u \cdot z}$, jei u pažymėta tempiamųjų strypų perimetras.



354 x brėž.



354 y z brėž.

Pagal DtN 1045, § 18 galima imti skaičiuoten tik skersinės jėgos pusė, tasyk:

$$\frac{1}{2}Q = \frac{1}{2} \cdot 35800 = 17900\ kg, \quad u = 5 \,.\, 10{,}05 + 11{,}31 = 61{,}56\ cm,$$

$$Z = 0{,}9 \,.\, 114 = 102\ cm, \quad \tau_1 = \frac{17900}{61{,}56 \,.\, 102} = 2{,}84\ kg/cm^2 < 5\ kg/cm^2.$$

IV. Kraštutinis balkis.

Jis skaičiuojamas panašiai kaip II posme. Reikia imti dėmesin jo apkrovimo padidėjimą dėl konsolės veikimo.

V. Sutrumpintas plokštei skaičiuoti būdas, esant skersiniams balkiams.

Pagal DIN 1075, § 8 leidžiamas ne didesnės kaip 2 m terpės, plokštėms toks suprastintas skaičiavimo būdas:

1. Savasis svoris (pilnas įtvirtinimas).

a) Terpės momentas:

$$M_m = + \frac{1}{24} g a^2 = \frac{1}{24} \cdot 925 \,.\, 1{,}75^2 = + 118 \text{ kgm} .$$

b) Atraminis momentas:

$$M_s = - \frac{1}{12} g a^2 = - \frac{1}{12} \cdot 925 \,.\, 1{,}75^2 = - 236 \text{ kgm} .$$

2. Paslankus krūvis.

Terpės momentu imama vidurinis aritmetinis dviejų momentų: 1) pilnai įtvirtinto ir 2) laisvai padėto balkio. Atraminis momentas imamas pilnai įtvirtintos plokštės.

a) Atraminis momentas pagal 354 y brėž:

$$M'_s = - \frac{p}{a^2} \left[\frac{a(c+v)^3 - c^4}{3} - \frac{(c+v)^4 - c^4}{4} \right] =$$

$$= - \frac{8550}{1{,}75^2} \left[\frac{1{,}75 \,.\, 1{,}575^3 - 0{,}175^4}{3} - \frac{1{,}575^4 - 0{,}175^4}{4} \right] =$$

$$= 2790 \,.\, (2{,}26 - 1{,}54) = - 2010 \text{ kgm} .$$

b) Maksimalis momentas, kuris atsiranda, esant laisvai padėtam balkiui (354 y brėž.):

$$M'_m = \frac{pv}{4} \left(a - \frac{v}{2} \right) = \frac{8550 \,.\, 1{,}4}{4} (1{,}75 - 0{,}70) = 3140 \text{ kgm} .$$

Tąsyk pilno įtvirtinimo momentas:

$$M''_m = M'_m - M'_s = 3140 - 2010 = 1130 \text{ kgm} .$$

c) Maksimalis atraminis momentas, kuris atsiranda, esant 354 z brėž. parodytam apkrovimui:

$$_{max}M_s = - \frac{P}{a^2} \left(\frac{a^2 \,.\, v^2}{2} - \frac{2}{3} a v^3 + \frac{v^4}{4} \right) =$$

$$= - \frac{8550}{1{,}75^2} \left(\frac{175^2 \,.\, 1{,}40^2}{2} - \frac{2}{2} \cdot 1{,}75 \,.\, 1{,}40^3 + \frac{1{,}40^4}{4} \right) =$$

$$= - 2790 \,(3{,}0 - 3{,}2 + 0{,}96) = - 2120 \text{ kgm} .$$

3. Santrauka.

$$M_m = + 118 + \frac{1}{2} (3140 + 1130) = 2253 \text{ kgm} ,$$

$$M_s = - 236 - 2120 = - 2356 \text{ kgm} ,$$

tuo tarpu, kai laikant plokštę nekarpyta sija daugeliu atramų (žiūr. II, d ir f) gavome:

$$_{max}M_m = 2140 \text{ kgm} , \quad M_3 = {}_{max}M_s = - 2519 \text{ kgm} ,$$

vadinasi, terpės momentui gautas 5 % mažesnis, o atraminiam momentui 7 % didesnis rezultatas. Taigi matome, kad suprastintas būdas duoda gana tikslų rezultatą.

79. Arkiniai perdengimai.

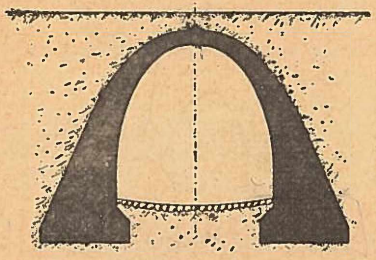
Arkiniai tiltai geresni už balkinius tuo, kad jie, kai parinkta tinkama arkos forma, gauna tik gniužiamus įtempimus. Dėl to galima gerai išnaudoti medžiagą, kuri tempimui beveik negali atsispirti, tuo tarpu balkiniai tiltai gauna tiek gniužiamus tiek ir tempiamus įtempimus. Iš kitos pusės, arkiniai tiltai reikalauja didesnių ir brangesnių atramų.

Arkiniai perdengimai skirstomi į daudas ir arkas.

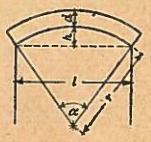
Daudos. Daudos nuo arkų skiriasi tuo, kad jos užpilamos storesniu žemės sluoksniu aukščiau spynos ir turi didesnę pakila $\frac{f}{l} \leqq \frac{1}{2}$ (žiūrėk 362 brėž.). Pakila vadinamas vidujinės skliauto spynos linijos atstumas nuo padų linijos.

Daudos, palyginti su balkiniais perdengimais, yra tinkamesnės tuo, kad jos paprasčiau pastatomos ir pigiau išlaikomos. Važiuojamąją dalį galima padaryti iš tokios medžiagos, kokios ir visas kelias. Paslankaus krūvio dinamiškas veikimas visai panaikinamas arba žymiai sumažinamas.

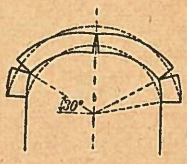
Daudoms naudinga duoti arkos formą per visą jų aukštį, vadinasi, pradėjus nuo griovio ar upelio dugno (355 brėž.). Kai daudų angos nuo 1,0 iki 6 m, spynos storis imamas nuo 15 iki 25 cm, o pade maždaug 1½ kart tiek.



355 brėž.



356 brėž.



357 brėž.

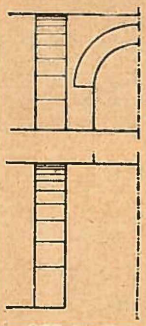
Kiekviena arka stengiasi išskėsti savo ramtus, ir kuo lėkštesnė arka, tuo didesnė veikianti pade horizontalė jėga. Juo mažesnis arkai tenkąs centrinis kampas α (356 brėž.), tuo esti lėkštesnė arka. Jei arka dėl didelio apkrovimo neišlaiko ir lūžta, tai pirmiausia pasirodo plyšiai žinomose vietose, — spynoje ir ties padais (357 brėž.). Kai prastas gruntas, tąsyk ramtų

pamatai sujungiami vienas su kitu. Tokiais atsitikimais, darant daudos dugną su nuolaidumu, imamas visur vienodas daudos aukštis, kad patogiau būtų padaryti klojinius.

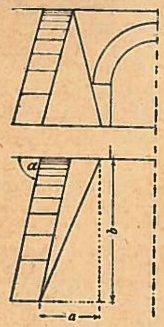
Kartais daudų arkos irgi armiruojamos, tačiau tatai pageidaujama ten, kur didesnės angos ir kur yra nelygaus nusėdimo pavojus. Arkos forma gali būti įvairi; jį pareina nuo apkrovimo. Kur mažos uždengtos daudos su aukštu žemės užpylu, ten tinkamesnės elipso formos arkos.

Pusiau apvalios arkos duoda mažiausią skėtimo jėgą, bet, iš kitos pusės, jų yra didelis konstrukcinis aukštis. Segmento formos arkos yra tuo patogios, kad jų ašis geriau sutampa su spaudimo linija, bet, iš kitos pusės, jos duoda didesnę skėtimo jėgą pade, tad tenka statyti stipresnes atramas.

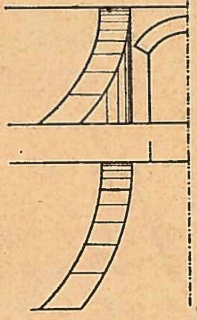
Iš oro pusės matomi daudos galai gali būti padaryti su sparnais arba be jų; sparnai gali būti lygiagretūs arba šlaitiniai. Kai daroma be sparnų, tada daudos galai gauna tą patį nuolaidumą, kaip šlaitai ir be to pastorinami arba užlenkiami, kad palaikius pylimą. Daudos be sparnų patariama statyti ten, kur yra didelis žemės spaudimas, labiausiai ten, kur yra pavojaus šlaitams nusėsti. Lygiagretūs sparnai reikalauja išvelėnuoti arba išgrįsti kūgius, tąsyk kūgiai daromi 1:1 arba 1:¾ nuolaidumo.



358 brėž.



359 brėž.

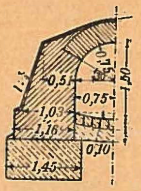


360 brėž.

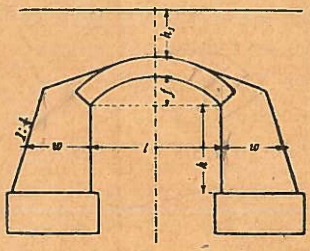
Šlaitiniai sparnai geriau apsaugo daudą nuo paplovimo. Jie gali būti įvairios formos: statūs, 358 brėž., įstriži 359 brėž, laužyti ar kreivi (360 brėž.).

Kad greičiau pastačius ir pigiau atsieitų daudos, jų ramtai daugiausiai daromi betoniniai (betono sudėtis 1:3:6). Ramtų vidaus plokštuma daroma vertikalė; kai maži aukščiai, ramtų išo-

rinė siena gali būti vertikali, bet kai aukštos daudos, tąsyk jų išorinė siena paplatinama apačioje arti ¼ — ⅐ ramto aukščio (361 brėž.).



361 brėž.



362 brėž.

Ramtų storumas W (362 brėž.) pagal Heinzerlingą gali būti imamas:

a) pusiau apvaliai arkai:

$$W = 0{,}3 + 0{,}2\,l + 0{,}17\,h \text{ — metrais,}$$

b) segmento formos arkai,

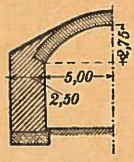
kai užpilimas $h \leqq 2{,}0$ m, tąsyk:

$$W = 0{,}3 + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{31 - f}{l + f}\right) + 0{,}17\,h\,,$$

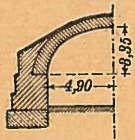
kai užpilimas storesnis kaip 2 m, tąsyk:

$$W = (0{,}7 + 0{,}025\,\frac{l^2}{f} + 0{,}07\,h)\,(1 + 0{,}1\,h)\,.$$

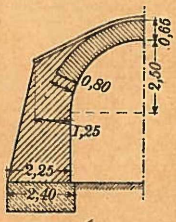
Tačiau šiuos davinius dar reikia statiškai patikrinti.



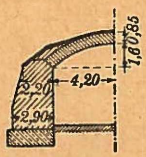
363 brėž.



364 brėž.



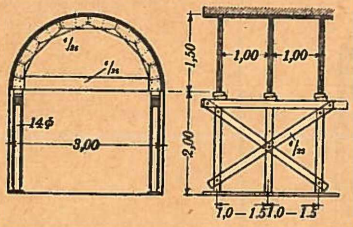
365 brėž.



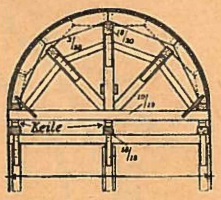
366 brėž.

Ramtų apačioje pastorinimas gali būti pasiektas laipteliais arba tiesia nuožulnia linija paplatinus. 363, 364, 365, 366 brėž., parodytos kai kurios ramtų priimtos formos.

Iš brėžinių matyti, kad ramtai esti stačiakampinės, trapecines arba laužytos formos, pareinamai nuo spaudimo linijos. Atsiradusį už ramtų vandenį reikia kuo greičiausia pašalinti. Tad dažniausiai už ramtų pilama filtruojamoji medžiaga, pav.: smėlis, žvyras, be to nugudronuojamas betono paviršius.



367 brėž.

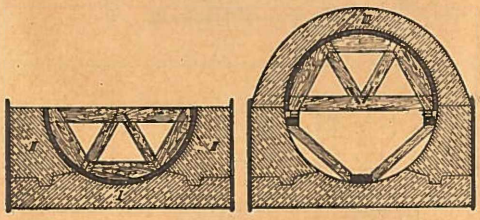


368 brėž.

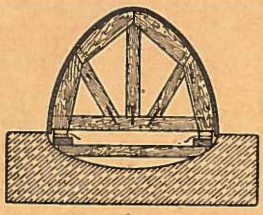
367, 368 brėž. parodyti mažai daudai paprasti skliautrėmiai ir pastoliai,

369 brėž. — uždarai daudai vidujiniai ir išoriniai klojiniai,

370 brėž. — klojinių įtaisymas apvalai uždarai daudai ar kreivajai daudai kitos formos (371 brėž.).



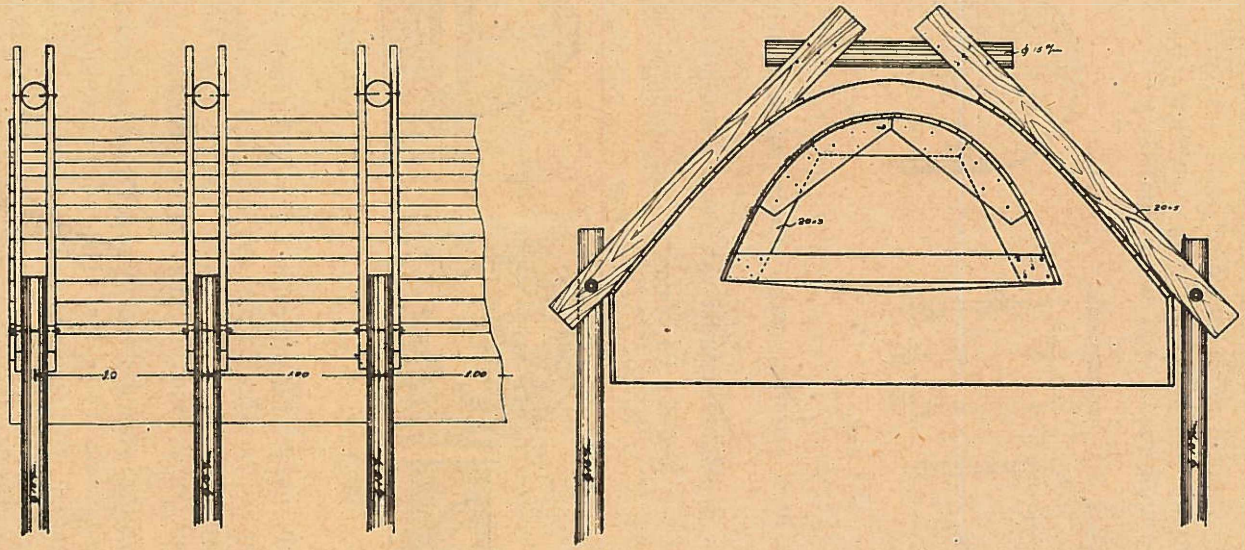
370 brėž.



371 brėž.

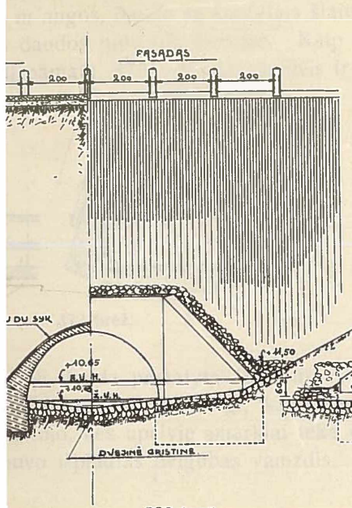
Iš brėžinių matyti, kaip betonuojama atskiromis sekcijomis ir kaip betono sekcijos jungiamos dygliais, kad geriau susirištų viena sekcija su kita. Visai apvalioms daudoms (370 brėž.) klojiniai daromi tik pusei arkos, ir išnaudojami du syk.

372 brėž. parodytas didesnei pasagos pavidalo daudai klojinių įtaisymo ir betonavimo būdas. Iš pradžių betonuojamas dugnas, paskui statomi išoriniai ir vidujiniai ramtams klojiniai. Užbetonavus I ir II dalis, statomi klojiniai III daliai; skliautrėmiai reikia pastatyti ant kylių. Iš arkos lauko pusės irgi reikia įtaisyti klojinius.

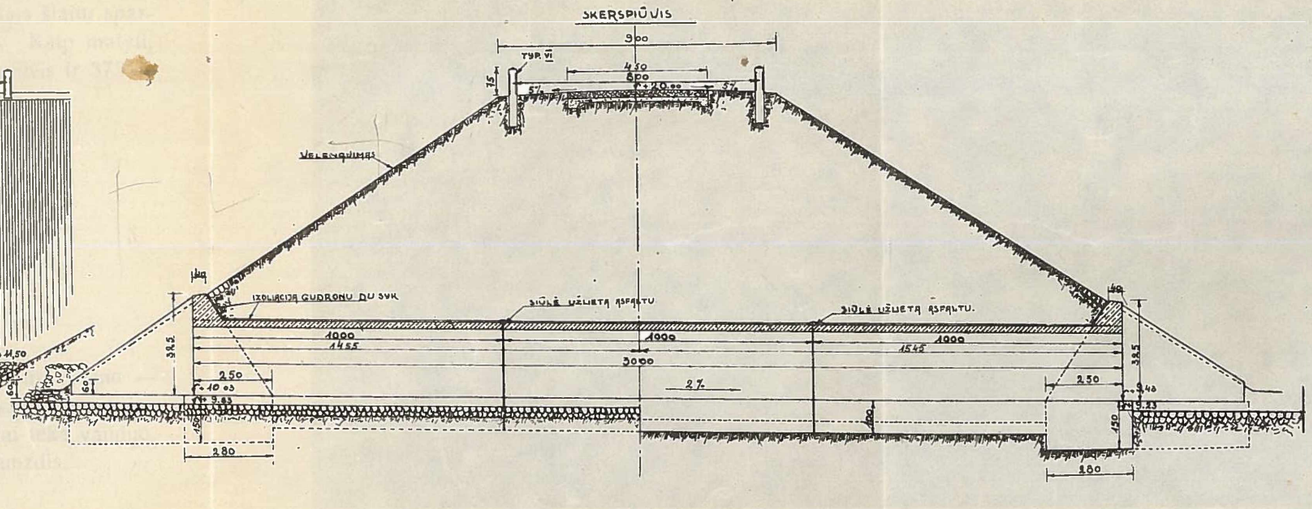


369 bréž.

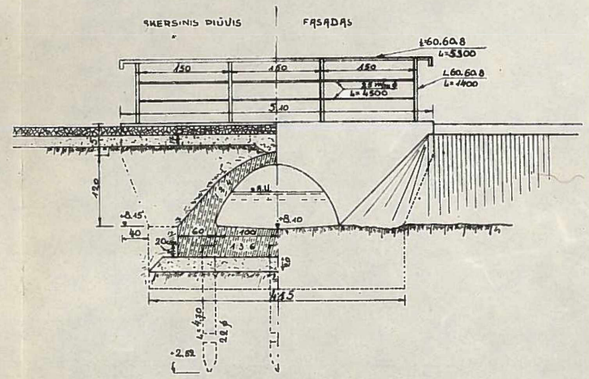
D A U D O S



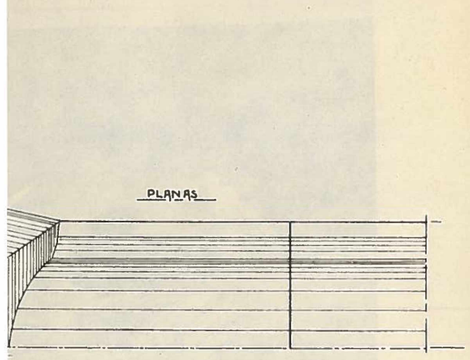
380 brėž.



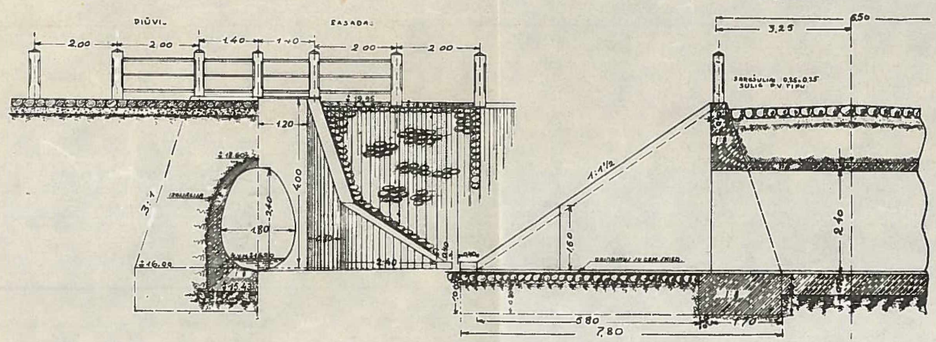
381 brėž.



376 brėž.

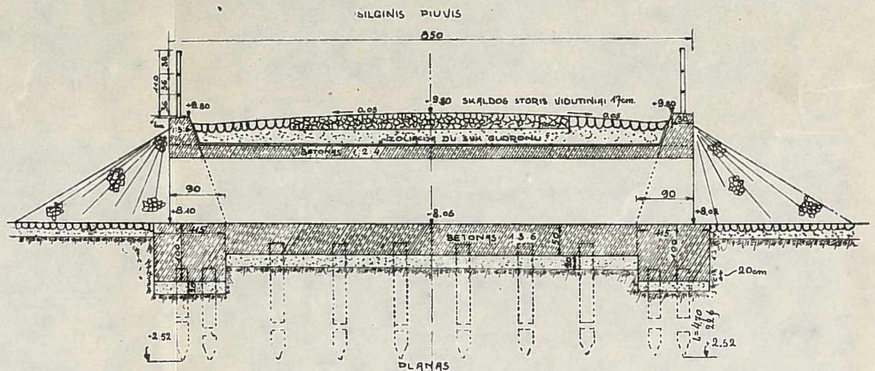


382 brėž.

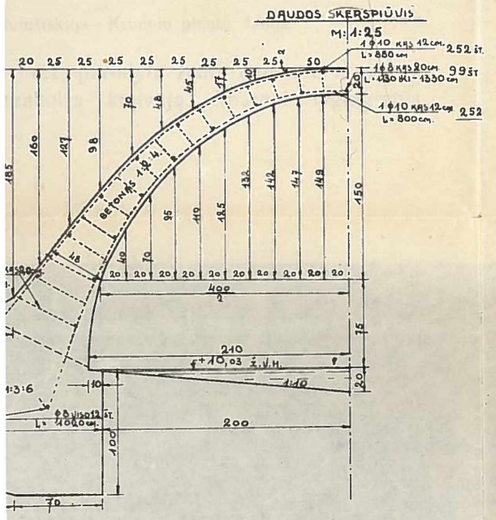


373 brėž.

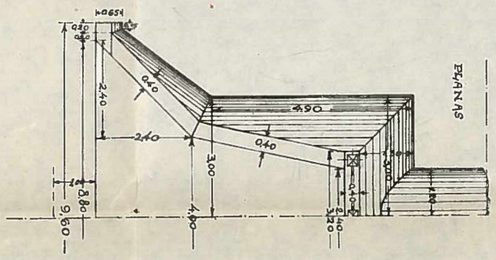
374 brėž.



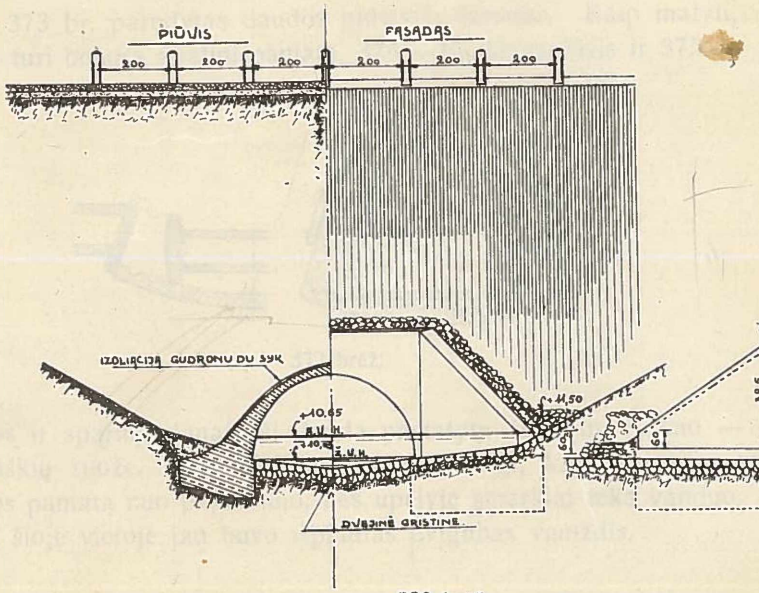
377 brėž.



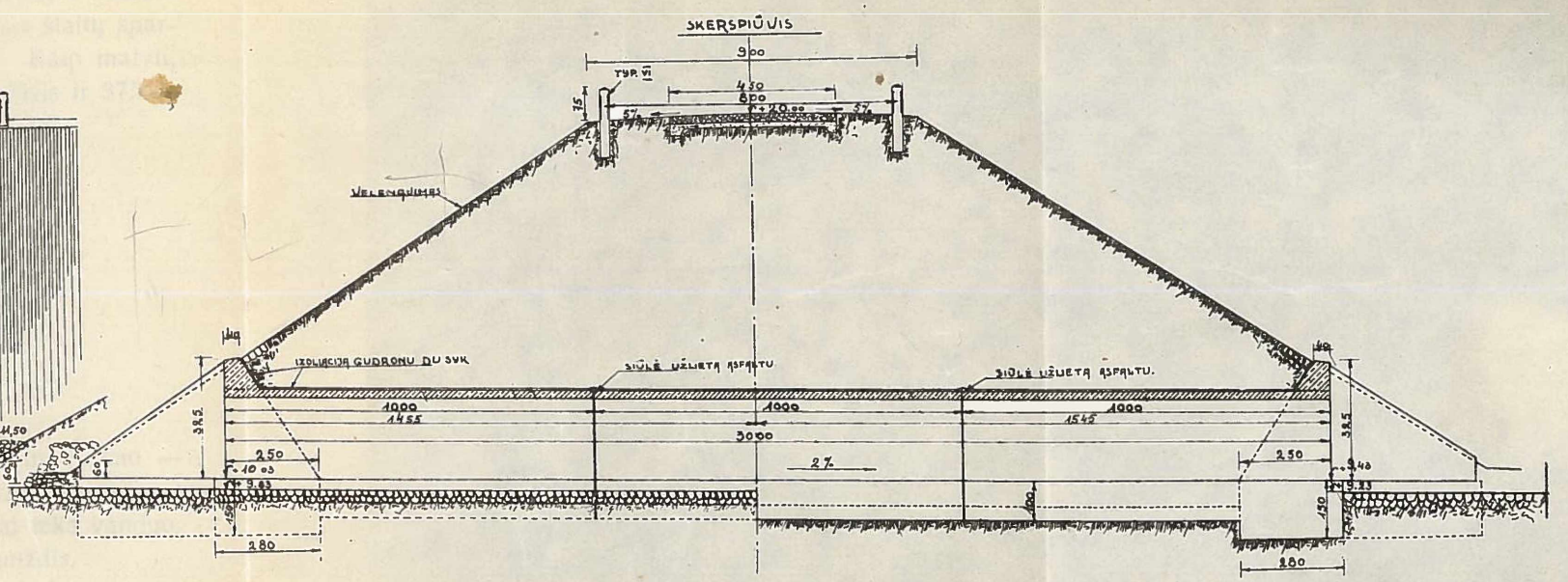
383 brėž.


MOLIS
0.80
0.40
2.40
2.40
0.40
4.90
3.00
4.90
SIENA
0.80
0.80
0.80

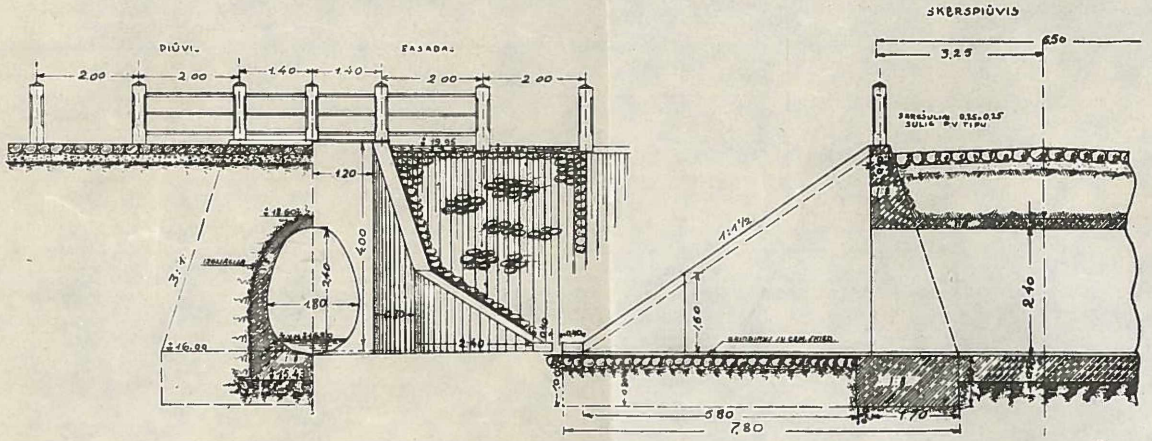
DAUDOS



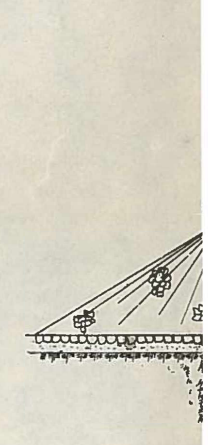
380 brėž.



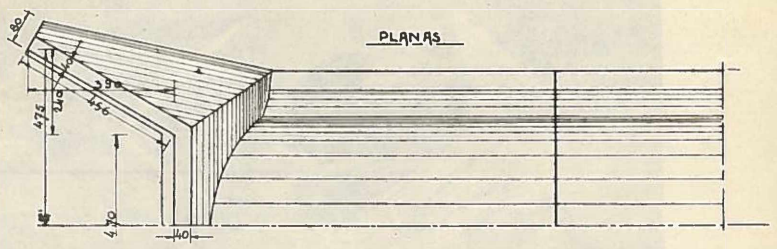
381 brėž.



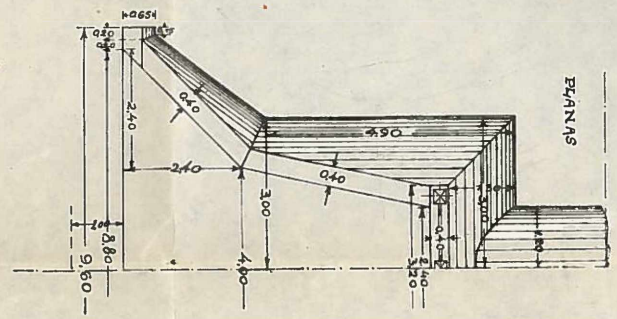
373 brėž.



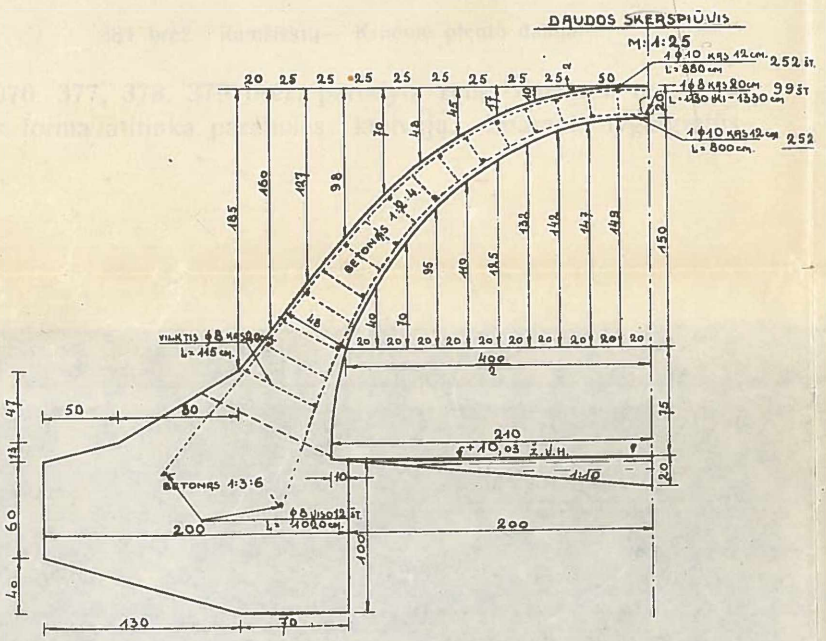
374 brėž.



382 brėž.

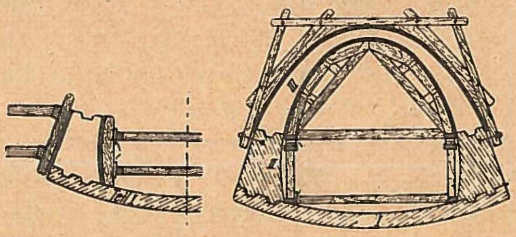


375 brėž.



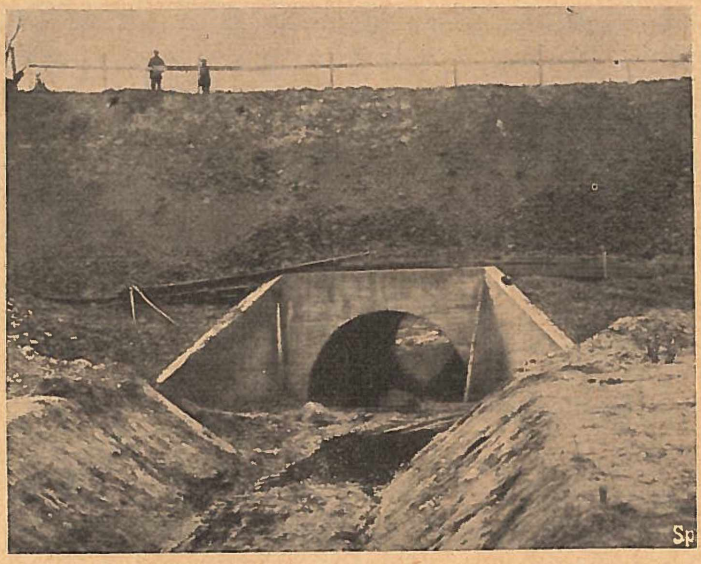
383 brėž.

VI atskirame brėž. lape 373, 374, 375 brėž. parodyta nedidelė kiaušinio formos, 1,80 m angos, dauda su laužytais šlaitų sparnais. 373 br. parodytas daudos piūvis ir fasadas. Kaip matyti, dauda turi bendrą apatinį pamatą, 374 — br. skerspiūvis ir 375 —



372 brėž.

daudos ir sparnų planas; ši dauda pastatyta 1928 m. Kauno — Rumšiškių ruože. Šlaitiniai sparnai reikalingi, kad apsaugojus daudos pamatą nuo paplovimo, nes upelyje smarkiai teka vanduo. Kartą šioje vietoje jau buvo išplautas dvigubas vamzdis.



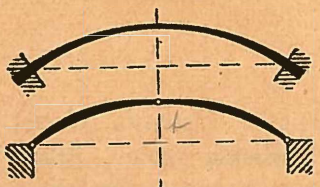
384 brėž. Rumšiškių — Kruonio plento dauda.

376, 377, 378, 379 brėž. parodyta žema dauda 2 m angos, kurios forma atitinka parabolės kreivąją. Sparnai lygiagretūs.

Daudos betono sudėtis 1:2:4, pamato 1:3:6. Pamatas 50 cm storio, daudos galuose 1,00 m. (377 brėž.). Pamatas yra padėtas ant polių, kurių paskirstymas matyti 379 brėž.

380, 381, 382, 383 brėž. parodyta 1930 m. pastatyta Rumšiškių — Kruonio plento ruože dauda 4,00 m angos (380 brėž.). Ši dauda užpilta arti 8 m, tad esti 30 m ilgio. Kad išvengus dėl nelygaus nusėdimo ir temperatūros veikimo plyšių, dauda suskirstyta į tris sekcijas, užliejus siūles asfaltu, (381), be to, armiruotas ir pats skliautas: apatinėje ir viršutinėje juostoje po 9 strypus 10 mm kas 1 metrui (383). Kad geriau palaikius pylimą ir išvengus paplovimo, sparnai įtaisyti įžulnūs (šlaitiniai) (380, 382).

384 brėž. parodytas baigiamos daudos vaizdas.



385 ir 386 brėž.

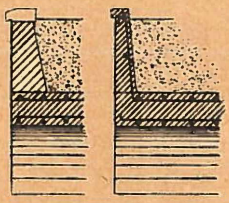
Arkos. Arkiniai tiltai statikos atžvilgiu skirstomi į arkas be šarnyrų (385 brėž.) ir su trimis šarnyrais (386 brėž.). Yra dar arkos su dviem šarnyrais, bet jos neturi pirmenybės prieš aukščiau paminėtas formas ir dėl to labai retai kur vartojamos. Kai mažos (8 — 10 m) angos, arkos vartojamos be šarnyrų, o kai visai mažos angos, tąsyk arkų formą, dažniausiai, esti dalis apskritimo su centro kampu $< 180^0$, rečiau — pusė apskritimo arba kreivoji su keleta centrų. Skliauto vidurinės linijos su atraminėmis plokšmėmis persikirtimas vadinamas pado taškas, o einą per tą tašką rievė — pado linija. Tarp padų taškų atstumas vadinamas arkos anga.

Arkų pakila, paprastai, yra $\sim \frac{1}{5}$ angos, tačiau esti pastatytų arkų su pakila ligi $^1/_{17}$ angos. Bešarnyrinės arkos nuo spynos link pado storėja, jų radialinių rievių vertikalė projekcija turi būti ne mažesnė už spynos storį.

Arkų su trimis šarnyrais pado linija turi gulėti aukščiau A. V. H. ar ledų ėjimo horizonto, tuo tarpu arkų be šarnyrų su įtvirtintais galais padų linija gali būti palikta vandenyje.

Aukščiau spynos turi būti užpilta žemės, įskaitant ir grindinį, mažiausiai 40 cm. Kad užpilas neslinktų į šonus, aukščiau skliauto įtaisomos šoninės sienelės. Jos apibrėžia važiuojamąją dalį ir ant jų galima pastatyti turėklius ar parapetą.

Šoninės sienelės, paprastai, gauna trapecinį piūvį su vertikale priekine sienele (387 brėž.). Jų storis pareina nuo sienelės aukščio: prie spynos mažėja, o prie padų didėja. Kai aukštos sienelės, kad mažiau suvartojus medžiagos, į sieneles dedama geležinė armatūra (388 brėž.) arba tiesiami tarp jų inkarai. Kai arkos didelio platumo, išvengti, esant vienpusiam apkrovimui, papildomų įtempimų, jos dalinamos į sekcijas (389 brėž.).



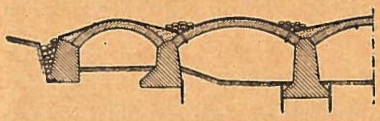
387 ir 388 brėž.

389 brėž.

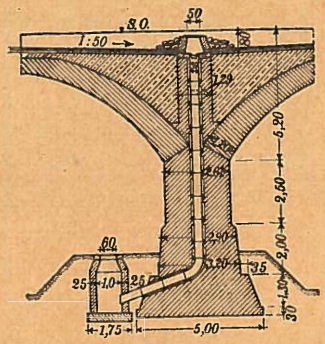
Kad pašalinus įsiskverbiantį į arką vandenį, reikia įtaisyti atitinkamą vandens nuleidimą. Vandens nuleidimą galima įtaisyti spynoje, pade, taure arba net nuvesti už ramto (390 brėž.). Tinkamas vandens nuleidimas turi atitikti šiuos reikalavimus:

1) vanduo turi kuo greičiau ir tiesesniu keliu nutekėti,

2) vandens nuotakas turi būti taip įtaisytas, kad galima būtų prieiti prie visų vandenį nuleidžiamųjų dalių ir kad jis būtų gerai apsaugotas nuo šalčių veikimo. Užpilas turi būti tvirtos ir gerai filtruojamosios medžiagos: smėlio, žvyro, kad vanduo greit ir tinkamai nutekėtų. Ekonomijos dėliai galima arką ir sieneles apipilti filtruojamąja medžiaga, o iš viršaus užpilti paprastomis žemėmis. Pilama vienu laiku iš abiejų pusių 0,30 — 0,50 m sluoksniais, kad išvengus vienpusio žemės spaudimo.



390 brėž.



391 brėž

Visos plokštumos turi turėti pakankamą nuolaidumą į tuos taškus, į kuriuos bus nuleidžiamas vanduo, tad skersinis nuolaidumas turi būti nuo $^1/_{15}$ ligi $^1/_{30}$. Žemiausiuose taškuose reikia įstatyti atitinkamus vamzdžius. Tokie vamzdžiai, dažniausiai, dedami ketiniai 7 — 15 cm skersmens; vandeniui per taurą nuleisti dedami ir moliniai vamzdžiai (391 rėž.). Vamzdžių viršus gauna lėkštės formą, uždengtą iš viršaus grotelėmis ir aplink užpilta akmenimis.

Dabar beveik visi arkiniai tiltai statomi su geležine armatūra. Tačiau reikia pasakyti, kad prieš pradėjus vartoti armatūrą, buvo pastatyta betoninių arkų gana didelių angų, kurios gerai stovi ligi šiam laikui.

Arkos su armatūra tuo pasižymi, kad jos be gniužiamųjų įtempimų gali išlaikyti ir tempiamuosius įtempimus. Bandymai rodo, kad armiruotų arkų betonas su geležim gerai veikia tik tada, jei geležinės armatūros skerspiūvio plotas sudaro ne mažiau kaip 0,008 betono ploto. Patariama geležinę armatūrą dėti į arkas ir dėl to, kad mažiausios atramų arba arkų nuo pašalinių įtakų deformacijos gali iššaukti arkoje tempiamųjų įtempimų.

Trijų šarnyrų arkoms visada galima duoti tokią formą, kad jos gautų tik gniužiamuosius įtempimus. Bešarnyrinė arka gauna tik vieną gniužimą tada, kai turi didelę pakilą, vadinasi, jei $f:l \geq {}^1/_5$, todėl mažos pakilos arkoms būtinai reikia dėti armatūrą arba statyti su trimis šarnyrais. Pagal statistiką skaičiavimą spynos apatinėje zonoje dedama daugiau armatūros, negu viršutinėje; prie pado — atvirkščiai.

Tačiau, dažniausiai, dedama dviguba armatūra, nes nuo temperatūros veikimo arkos gali pakilti arba nusileisti. Per tam tikrus atstumus reikia sujungti viršutinę armatūrą su apatine kilpos arba vingio pavidalo vilktimis. Vilktys dedamos tam, kad apatinė armatūra nebūtų išplėšiama iš betono, o viršutinė, kai ji gniužinama, kad išilgai neišsilenktų.

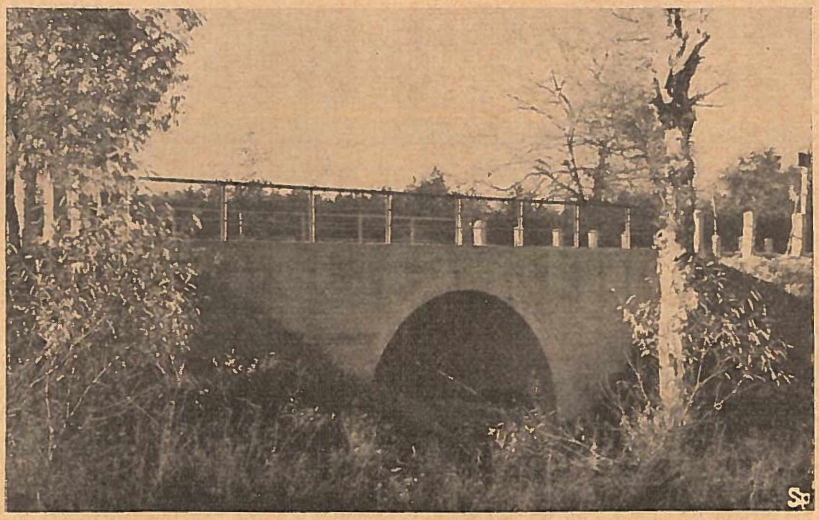
Tiek balkiniams, tiek ir arkiniams tiltams dedama paskirstomoji armatūra, kuri turi vienodą uždavinį. Geriausiai arkos spynos ir pado storumą nustatyti pagal praktiškus davinius. Spynoje reikia imti mažiausiai 20 — 25 cm, o pade — 1,5 — 2 syk daugiau.

Arkas reikia betonuoti simetriškai, kad pastoliai gautų visur lygų apkrovimą. Pradėjus betonuoti arkas nuo padų, spyną

reikia dirbtinu būdu apkrauti, kad ji nepasikeltų į viršų. Bendrai, arkas reikia labai stropiai betonuoti.

VII atskirame brėžinių lape 392, 393, 394 ir 395 brėž. parodytas 1928 m. Šiaulių — Joniškio plento ruože pastatyta 6 m arka; esant silpnam gruntui, arkos pamatas pastatytas ant polių, jų dalis turi polinkį tam, kad išlaikytų horizontalę arkos jėgą (392 brėž.). Pati arka armiruota 10 mm geležimi; kad geriau susirištų arka su sienelėmis įstatytos specialės vilktys (395 brėž.). Arka spynoje turi 25 cm, o pade 75 cm storio ir turi lanko formą. Sienelės tiesios ir be nuosvyrų (vadinasi, užpakalinis jų paviršius vertikalis, 394 brėž.).

VIII atskirame brėžinių lape 396, 397 brėž. parodyta Utenos — Zarasų plento ruože pastatyta 1927 m. arka, 6 m angos su didele pakila. Arka armiruota. Šoninės sienelės su nuosvyromis; pamatas stovi ant polių. Šis tiltas atvaizduotas 398 brėž.

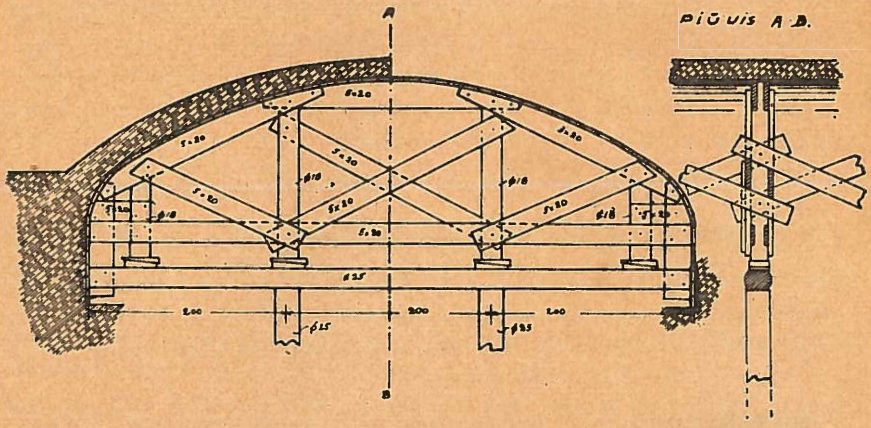


398 brėž. Utenos - Zarasų plento arkinis tiltas.

Tame pat lape, 399 ir 400 brėž. parodyta 6 m arka su maža pakila. Arka armiruota 10 mm geležimi. Pamatas stovi ant polių. Arka spynoje 20 cm, o pade 30 cm storumo. Tilto plotis tarp bordiurų 6,40 m (400 brėž.).

IX atskirame brėžinių lape 401, 402, 403 brėž. parodytas Utenos — Zarasų pl. ruože 1926 m. pastatytas arkinis tiltas.

Tiltas sudėtas iš 3 arkų po 6 m angos su maža pakila. Arkos be armatūros. Pamatai ant polių. Vandeniui nuleisti arkoje įstatyti ketiniai vamzdžiai. Tilto tarp bordiurų plotis 6,40 m



404 brėž.

(402 brėž.). Šoninės sienelės trapecinės formos, jų pastorinimas ir susiaurinimas pagal aukštį, matyti iš plano (403 brėž.). 404 brėž. parodyti vienos pastatytos arkos pastoliai ir klojiniai.

80. Statiškas skaičiavimas.

Bešarnyrinė arka yra tris syk statiškai neišsprendžiama ir reikalauja tikslaus statiško skaičiavimo pagal elastiškumo teoriją. Tačiau mažoms ir vidutinėms angoms pilnai užtenka skaičiavimo spaudimo linijos būdu. Arkos medžiagos gniužimui atsparumas patikrinamas, išbrėžus keletą spaudimo linijų pagal nustatytą apkrovimą.

Mažoms arkoms su šoninėmis sienelėmis, dėl didelio savojo svorio ir užpilo svorio, paslankaus krūvio įtaka mažėja. Vienpusio arkos apkrovimo įtaka didėja su arkos anga ir konstrukcijos lengvumu. Apskritai, arka esti apkrauta savuoju svoriu (arkos svoriu), šoninių sienelių, užpilo svoriu ir paslankiu krūviu. Mažoms ir vidutiniškoms angoms paslankus krūvis pamainomas atitinkamu lygiai paskirstytu krūviu, mažiems tiltams 800 — 1000 kg/m².

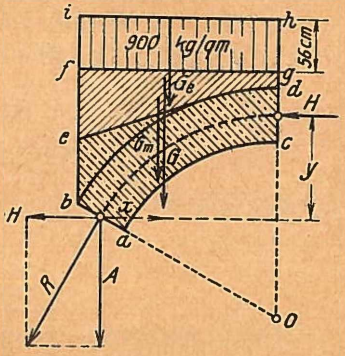
Patogumo dėliai lygiai paskirstytą paslankųjį krūvį galima pamainyti žemės sluoksniu tokio aukščio, kad jo svoris atitiktų paslankų krūvį, pav.: $p = 900$ kg/m², žemės svoris $\gamma = 1600$ kg/³, tąsyk gauname juostą aukščio $a = \frac{p}{\gamma} = \frac{900}{1600} = 0{,}56$ m. Toks redukavimas parodytas 405 brėž. Imame 1 m pločio apkrauta savuoju ir redukuotu svoriu arkos juostą, perpiauname per spyną, sujungiame visas veikiančias vertikalines jėgas: G_e — žemės užpakalio svoris ir paslankūs krūvis ir G_m — arkos svoris, momento lygtimi į vieną atstojamąją G. Nepriėmę domėn žemės spaudimą, turime skaityti, idant spynoje būtų jėgų pusiausvyra, kad joje veikia horizontalė jėga H, kuri gaunama momentų lygtimis

$$G.x = H.y, \text{ iš kur}$$

$$H = \frac{G.x}{y}.$$

Spaudimas pade S suskirstomas į sudedamasias H ir A; A bus lygi G.

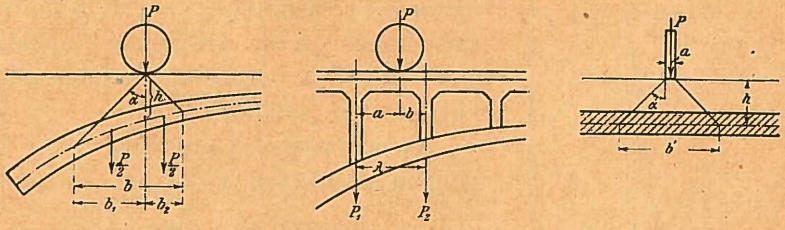
$$R = \sqrt{G^2 + H^2}.$$



405 brėž.

Paslankaus krūvio spaudimo paskirstymas.

Jei ištisa arka (be viršskliautinio statinio), tai sutelkto krūvio spaudimas pasiskirsto kampu α (405 a brėž.) iki arkos ašies.



405 a, b, c brėž.

Šitą kampą žemės užpilui ima = 35 — 45°, betonui — 45°. Paskirstymo plotis gaunamas grafiškai (405 a brėž.). Vietoje vie-

no krūvio P tada veikia dvi sutelktos jėgos $\frac{P}{2}$, kurios veikia ties atitinkamų lankų b_1 ir b_2 viduriu.

Jei yra viršskliautinis (spragotinis) statinys, tai jėga P pasiskirsto proporcingai atstumams nuo gretimų statramsčių, tada (405 b brėž.):

$$P_1 = \frac{P.b}{\lambda},$$

$$P_2 = \frac{P.a}{\lambda}.$$

Panašiu būdu paskirsto sutelktojo krūvio spaudimas skersai arkos. Jei tilto apdaro viršaus nuo arkos ašies atstumas yra h (405 a ir c brėž.) ir ratlankio plotis a, tai

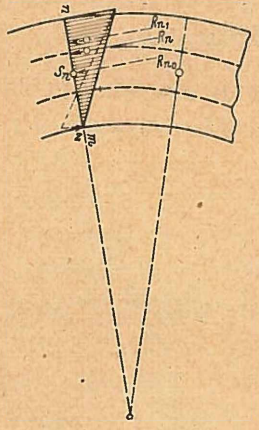
$$b' = a + 2h\,tg\alpha;$$

kai $\alpha = 45^0$, $b' = a + 2h$.

Tąsyk 1-am ties. m. arkos pločio tenka sutelktas krūvis

$$P' = \frac{P}{b'}.$$

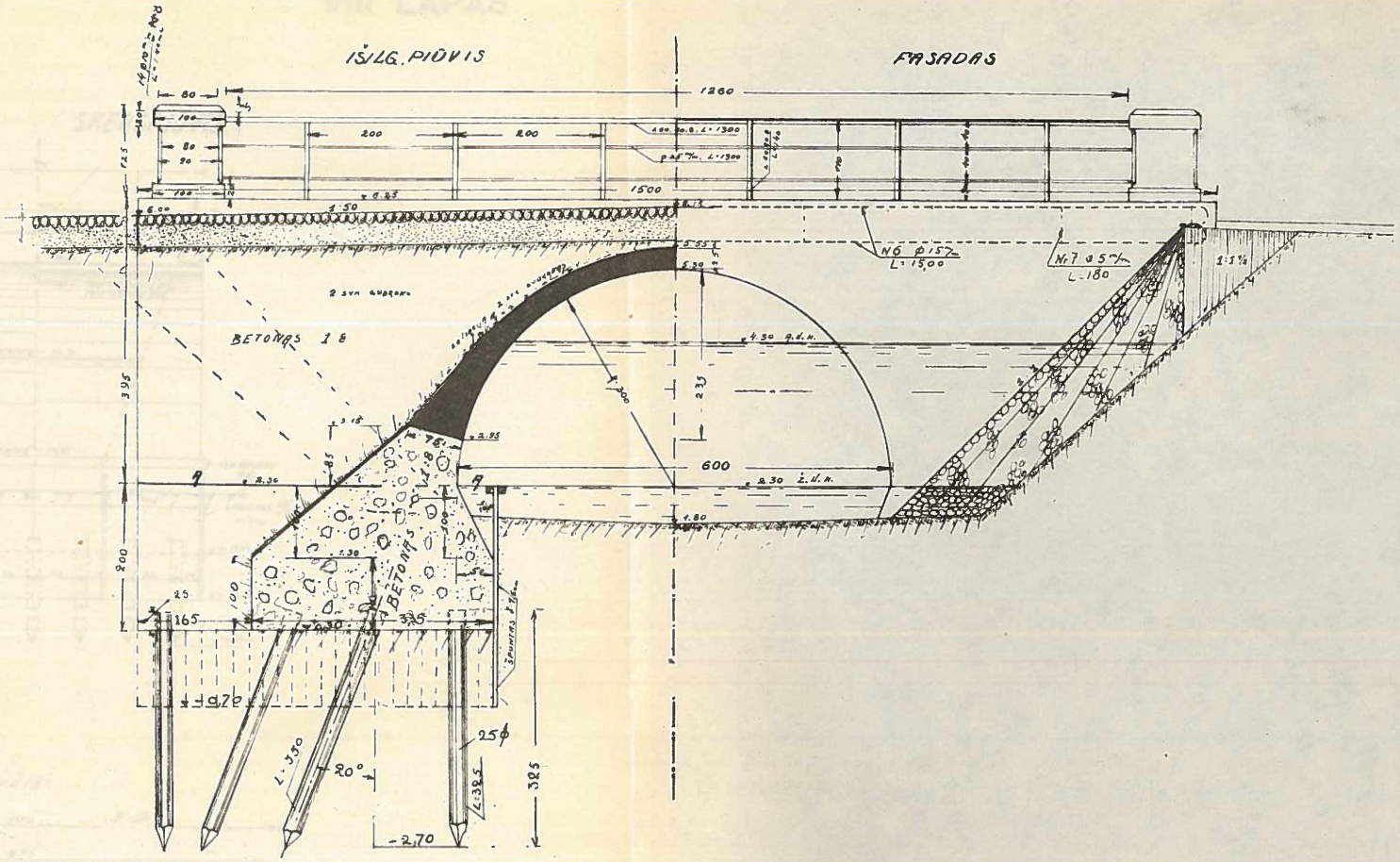
Gerai parinktos formos arkose kiekvienas skersinis piūvis turi gauti tik gniužiamuosius įtempimus, kurie lygiai paskirstyti, vadinasi, spaudimo linija turi sutapti su arkos ašimi. Gelžbetoninių didelių angų arkoms šito reikalavimo prisilaikoma pagal galimybę; joms tatai neturi didelės reikšmės, nes nelygiai paskirstyti įtempimai priimami specialiai įdedama geležinė armatūra. Pastaroji gali būti paprasta (ordinarinė) arba dviguba. Smulkiau tatai išdėstyta „Didžiųjų akinių tiltų" skiltyje (žiūr. toliau).



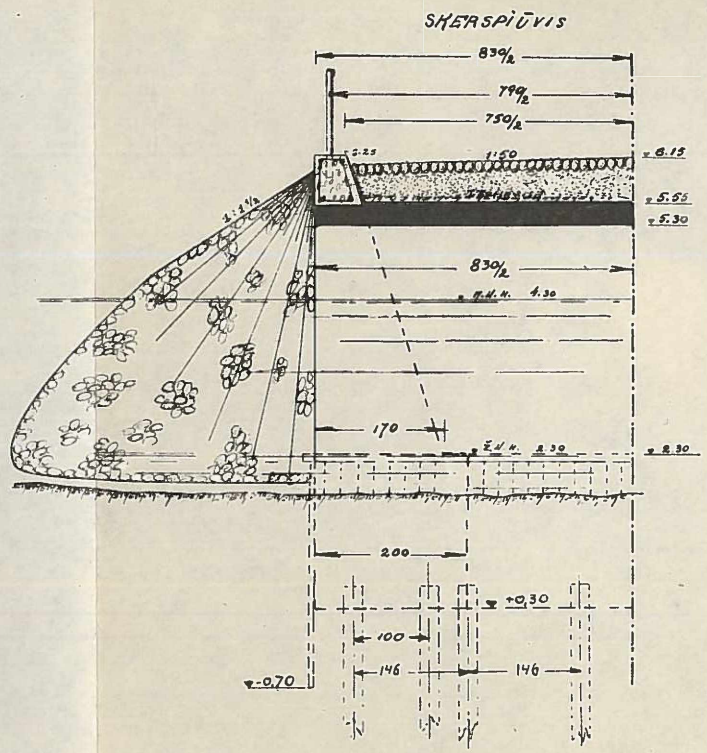
406 brėž.

Jei atstojamosios pridėties taškas vis daugiau ir daugiau tolsta nuo ašies, kol pasiekia atstumą nuo arkos krašto $= \frac{1}{3}$ arkos storio (406 brėž.), tąsyk įtempimo figūra esti brėžiny užbraukytas trikampis, vadinasi, jau gaunama spaudimo linijos derivacijai riba, nes kitame gale pasi-

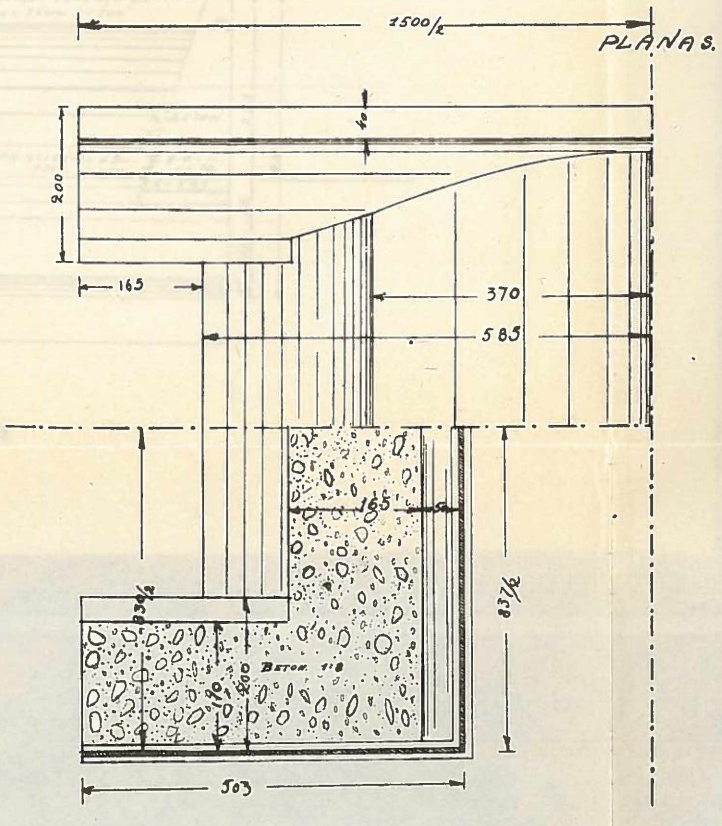
SKLIAUTO PERDENGIMAS



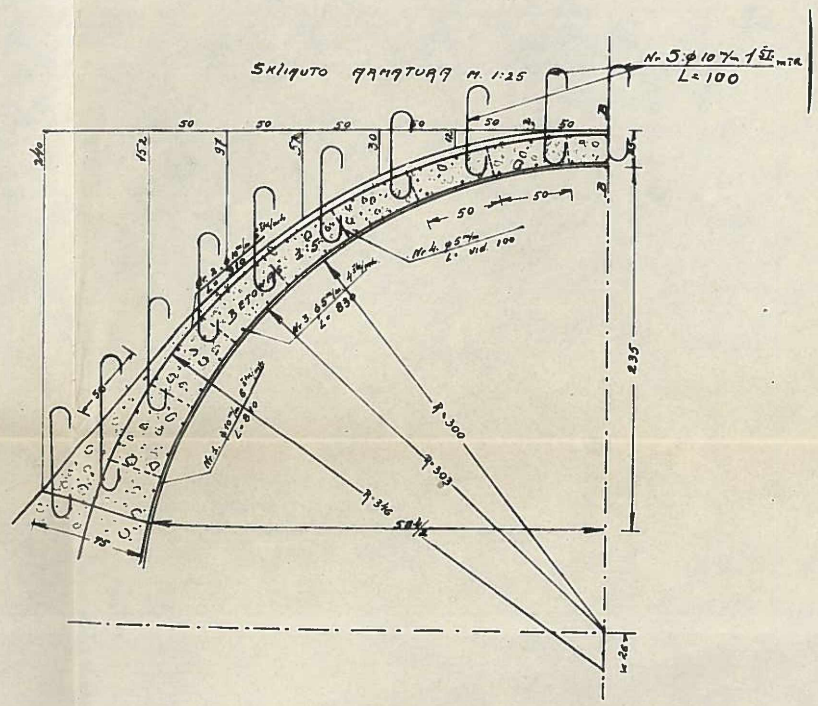
392 brėž.



393 brėž.



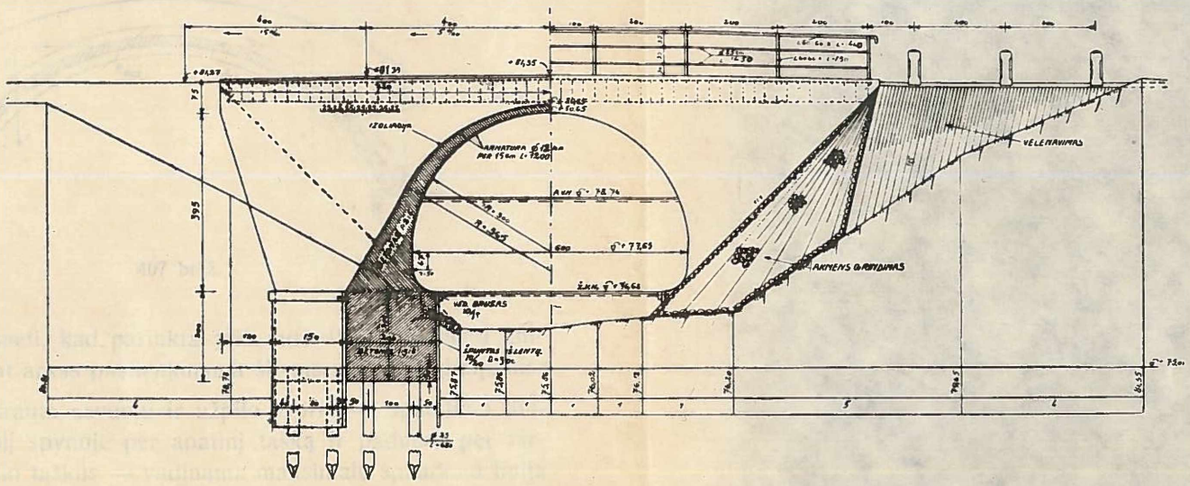
394 brėž.



395 brėž.

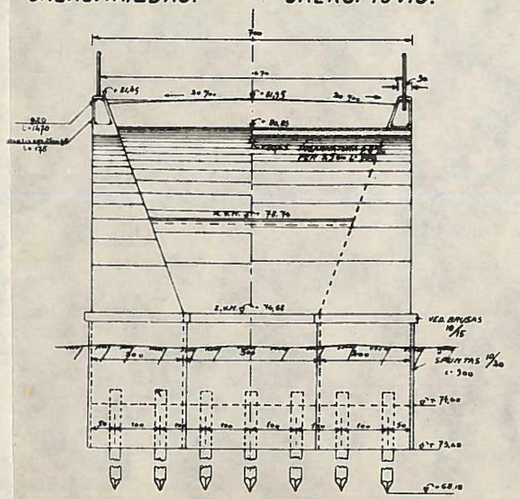
SKLIAUTO PERDENGIMAI

PIŪVIS. FASADAS.



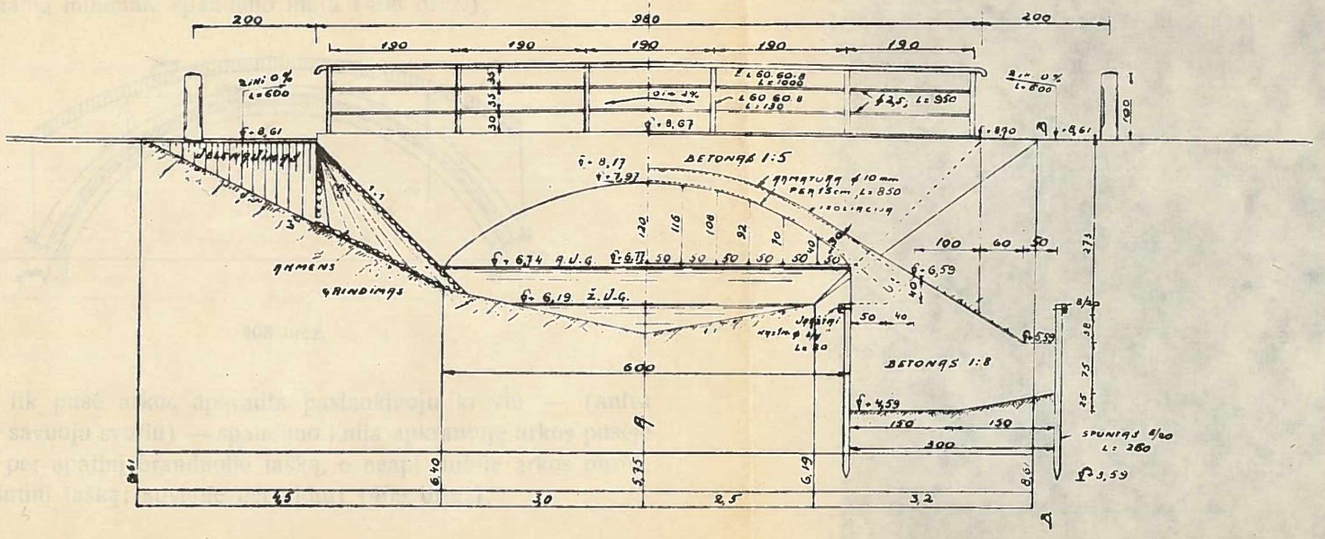
396 brėž.

SKERS. VAIZDAS. SKERSPIŪVIS.



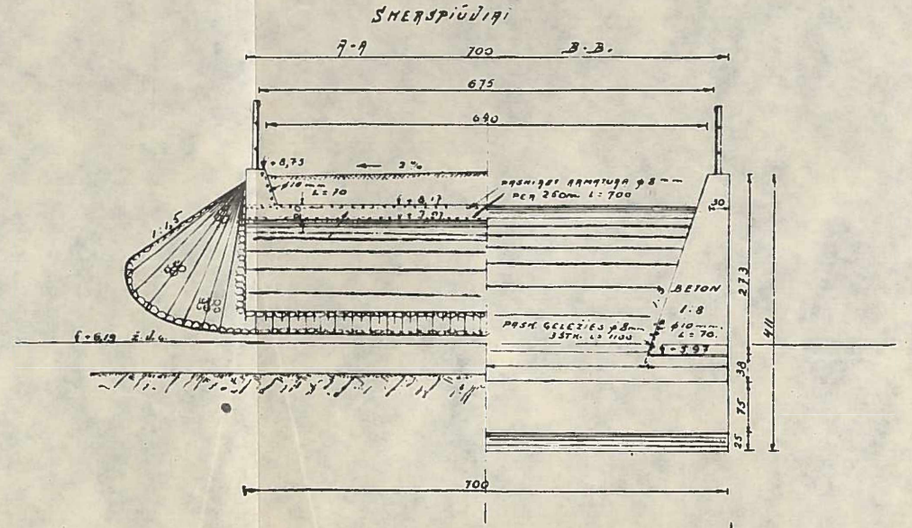
397 brėž.

FASADAS. TIESINIS PIŪVIS.



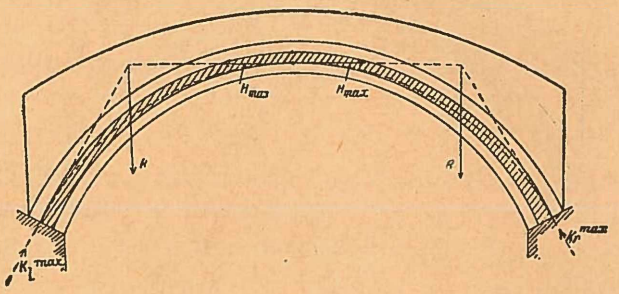
399 brėž.

SKERSPIŪVIAI



400 brėž.

reiškiąs gniužimas bus lygus nuliui. Vadinasi, spaudimo linija gali svyruoti tik branduolyje, o jei ji iš jo išeina, tąsyk gaunamos tempiamosios įražos.

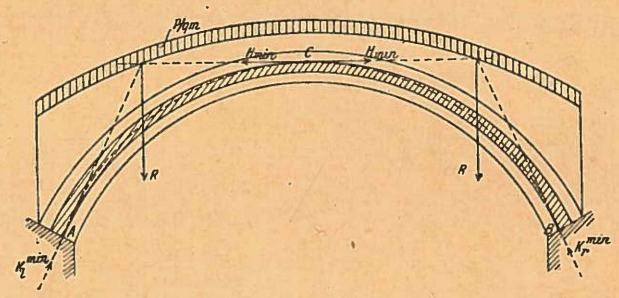


407 brėž.

Reikia pažymėti, kad parinkta arka turi daug spaudimo linijų, bet nagrinėjant arkas pasitenkinama šiomis spaudimo linijomis:

a) arka apkrauta savuoju ir užpilo svoriu — spaudimo linija kerta branduolį spynoje per apatinį tašką ir paduose per viršutinius branduolio taškus — vadinama maksimalė spaudimo linija (407 brėž.),

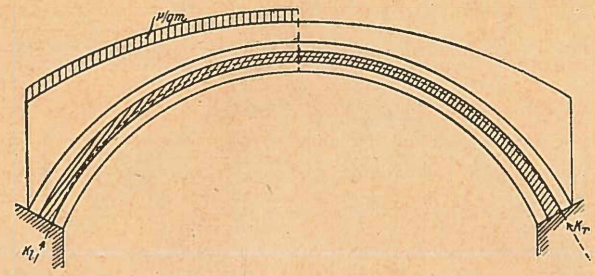
b) visa arka apkrauta paslankiu krūviu — spaudimo linija kerta branduolį spynoje per viršutinį tašką, o paduose per apatinį — vadinama minimalė spaudimo linija (408 brėž.),



408 brėž.

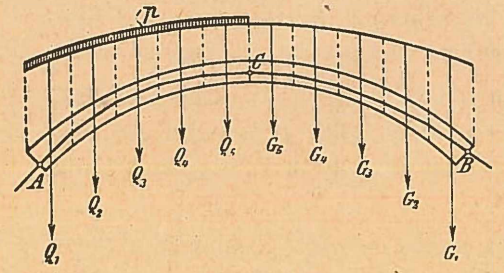
c) tik pusė arkos apkrauta paslankiuoju krūviu — (antra pusė tik savuoju svoriu) — spaudimo linija apkrautoje arkos pusėje pereina per apatinį branduolio tašką, o neapkrautoje arkos pusėje per viršutinį tašką; spynoje per vidurį (409 brėž.).

Didesnėms arkoms išbrėžiama, kartais, dar viena spaudimo linija, kai visa arka apkrauta paslankiu krūviu ir savuoju bei už-

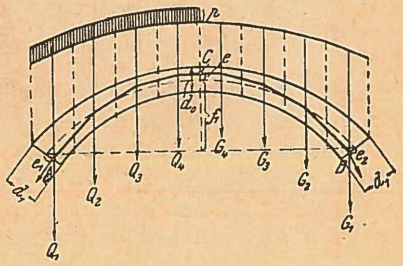


409 brėž.

pilo svoriu. Šita linija išvedama per vidurinius spynos ir padų taškus (žiūr. II pavyzdį). Arkų skaičiavimas spaudimo kreivosio-

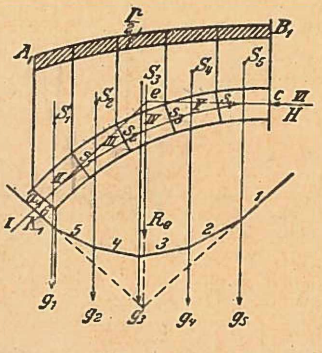


409 a brėž.

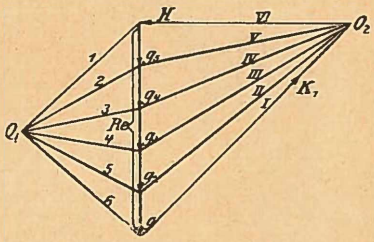


409 b brėž.

mis yra uždavinys išvesti virvinį daugiakampį pro tris — spynoje ir paduose paimtus taškus A, B ir C (409 a ir 409 b brėž.).



409 c brėž.



409 d brėž.

Iš pradžių parenkama arkai forma, kuri atrodo tiksli (pav., kuri sutampa su spaudimo linija nuo savojo svorio) — duodant jai

pagal empirinius davinius, tinkamą storumą spynoje ir pade. Paskui šita forma patobulinama. Mažos pakilos arkos išbrėžiamos apskritimo lankais. Laikant visą arką apkrauta savuoju svoriu + pusė paslankaus krūvio (g + ½ p) išvedama spaudimo linija, prie kurios privedama arkos vidurinė ašis. Tam tikslui sutelkti krūviai pakeičiami tolygiai paskirstytu krūviu p = 800 — 1200 kg/m².

Arkos forma patobulinama šiuo būdu. Pusė arkos suskirstoma į atskiras sekcijas, kurių svoriai g_1, g_2, g_3 (409 c brėž.), pridėti tų sekcijų svorio centruose. Suskirstoma tokiu būdu, kad mažos pakilos arkų sekcijos turi vienodą horizontalę projekciją; didelės pakilos — imama vienodo ilgio lankai (pagal ašį). Svoriai g_1 — g_5 sudedami į atstojamąją R_e; šita jėga veikia taške, kuris nustatomas jėgų poligono ir virvinio daugiakampio 1 — 6 pagalba (409 d brėž.).

Kadangi paimtas simetriškas apkrovimas, tai spaudimas spynoje yra horizontalis ir lygsta H. Trys jėgos H, Re ir K_1 turi būti pusiausvyroje, vadinasi, susikirsti viename taške e. Suskirstę Re kryptimis c e ir a e, gauname (409 d brėž.) H, K_1 ir polių O_2. Dabar, turėdami jėgų poligoną su polium O_2 ir poliaus atstumu H, išvedame per taškus a ir c virvinį daugiakampį, kuris kerta sekcijų rieves taškuose s_1 iki s_4. Kiekvienos daugiakampio kraštinės kryptis sutampa su visų į atitinkamą arkos dalį veikiančiųjų jėgų atstojamąja, kuri imama iš atitinkamo jėgų poligono. Sujungę taškus s_1, s_2 . . ., gauname spaudimo kreivąją. Jei surasta spaudimo kreivoji žymiai prasilenkia su arkos vidurine linija, tai keičiama arkos forma taip, kad šita linija būtų jos vidurine linija. Tąsyk vėl nustatomi sekcijų svoriai ir išvedama nauja spaudimo kreivoji ir t.t., kol spaudimo linija sutaps su arkos ašimi. Tatai dažnai atsitinka, kai išbraižoma antrą sykį ir beveik visada, kai trečią sykį.

Daudoms ir mažoms arkoms pakankama išvesti spaudimo linija tik per spynos ir padų vidurį. Pageidaujama, kad ašis sutaptų su spaudimo linija nuo savojo svorio.

Spaudimo linija nuo vienpusio apkrovimo taip nustatoma. Jei paslankusis krūvis yra palyginti nedidelis, tai apkrovimas imamas pagal 409 e brėž. Spaudimo linija tąsyk kerta padus ir spy-

ną taškuose a, b, c, kurių atstumai nuo arkos ašies nustatomi iš lygčių:

taškui c: $e = \frac{5}{16} \frac{d_0^2}{h_1}$ (pagal Vinklerį),

taškui a: $e_1 = \cos\varphi_0 \left(2e - \frac{1}{8} \frac{p h_1}{z_1 + 0{,}14\, h_1}\right)$

taškui b: $e_1 = \cos\varphi_0 \left(2e - \frac{1}{8} \frac{p h_1}{z_1 + 0{,}14\, h_1}\right)$

(pagal Müller–Breslau)

Čia: h_1 — arkos ašies strėlė,

d_0 — arkos storis spynoje, metrais,

φ_0 — kampas, kurį spaudimo linija paduose sudaro su horizontale linija,

γ — arkos mūrinio svoris kg/m³,

z_1 — redukuotas į γ užpilo ir grindinio aukštis, metrais,

$d_0 + z_1$ — apytikris konstrukcinis aukštis spynoje, ties važiuojamosios dalies viduriu, metrais,

p — redukuotas į γ paslankaus krūvio aukštis, metrais,

l_1 — pusė arkos angos,

φ_0 — nustatomos iš formulės

$$tg^2\varphi_0 = \frac{4 h_1^3}{l_1^2} \frac{z_0 + 0{,}5 h_1}{z_0 + 0{,}14 h_1} \qquad z_0 = d_0 + z_1 + 0{,}5\, p \text{ metrais},$$

$$d_0 \geqq \sqrt{\left(\frac{z_1}{2} + \frac{p}{4} + \frac{f}{20}\right)^2 + 0{,}4 p f} - \left(\frac{z_1}{2} + \frac{p}{4} + \frac{f}{20}\right), \quad \text{kur}$$

f — vidurinės arkos spynos linijos nuo padų linijos atstumas.

Jei e_2 gaunamas neigiamas dydis, tąsyk taškas b guli virš arkos ašies.

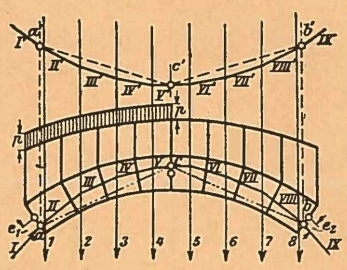
Spaudimo linijai išvesti sekcijų svoriai jungiami į jėgų poligoną I′ II′ III′... IX′ (409 f brėž.), kuriam parenkamas bet kuris polius o′; išveda pro taškus a, b, c vertikales, kurios taškuose a′, b′, c′ perkertamos virviniu daugiakampiu I′ II′ III′... IX (brėžinio viršuje). Po to išveda O′ α ‖ c′ a′, o′ R ‖ c′ b′, L O ‖ ca ir RO ‖ c b. Tada gaunamas naujas polius O, su kuriuo išvedama spaudimo linija I II III... IX.

Spaudimas pade taip nustatomas. Sakysim reikia nustatyti spaudimas 3 rievėje (409 g brėž.). Spaudimas D nustatomas, išmatavus jėgų mastely (tonomis) spindulį III. Nuleidžiame iš branduolio taškų o ir u statmenis į III spindulio kryptį; jų ilgiai,

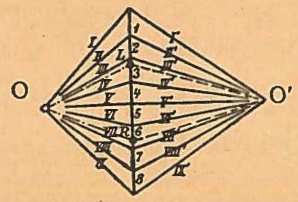
sakysim, yra η_o ir η_u (metrais). Tada spaudimai branduolio taškuose o ir u bus:

$$K_0 = \frac{6D\eta_u}{d^2} \text{ ir } k_u = \frac{6D\eta_0}{d^2};$$

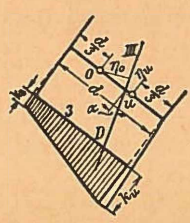
čia d — rievės storis.



409 e brėž.

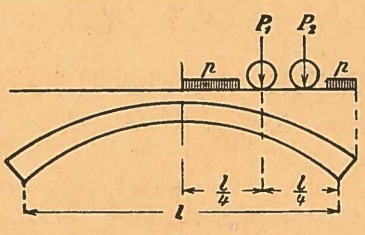


409 f brėž.

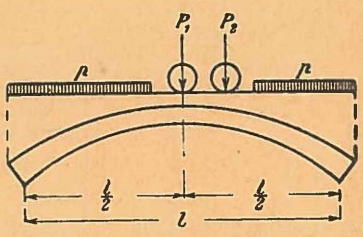


409 g brėž.

Jei III spindulys rievę kerta už branduolio ribų, tai neimant domėn traukimo įtempimus, didžiausias spaudimas rievėje esti $k = 2\,D\cos\alpha/3\,\xi$, kur ξ (metrais) — spaudimo D nuo labiausiai įtempto rievės krašto atstumas, α — kampas, kurį D sudaro su iškeltu rievei statmeniu.



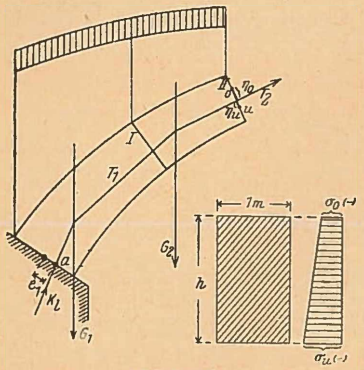
409 h brėž.



409 i brėž.

409 h br. parodyta kaip statoma plentvolis vienpusiai apkraunant arką; sunkiausias krūvis P_1 stovi $\frac{1}{4}$ atstu arba su tuo tašku

sutampa tarp ratų (volų) atstumo vidurys. Kai arka pilnai apkrauta, sunkesnis ratas statomas spynoje, likusioji liuosa nuo plentvolio arkos dalis apkrauta žmonių minia (409 i brėž.).



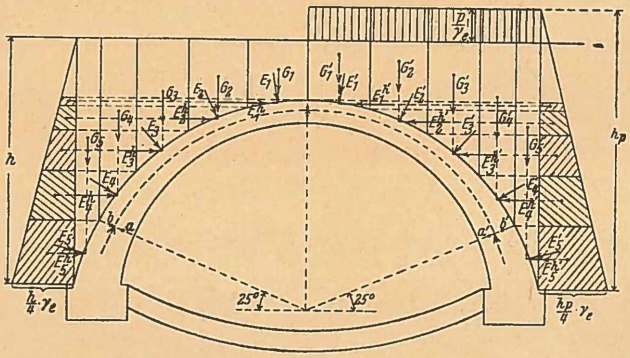
410 brėž.

410 brėž. atstojamoji perei na per branduolį, tad spaudimo diagrama bus trapecija. Arkos 1 m platumo juostai tenkąs spaudimas bus:

$$\sigma_0 = -\frac{6 \cdot T_2 \cdot \gamma_u}{100\, h^2},$$

$$\sigma_u = -\frac{6 \cdot T_2 \cdot \gamma_0}{100\, b^2}.$$

411 brėž. nurodytas vienpusio paslankaus krūvio ir žemės užpilo į arką veikimas. Vieton paslankaus krūvio gauname žemės juostą aukščio $\frac{p}{\gamma_e}$. Apkrautoje pusėje gauname ($\rho = 35^0$ — 37^0) žemės spaudimo trikampį su baze $\frac{h_p}{4} \cdot \gamma_e$ ir aukščio h_p, o neapkrautoje pusėje trikampį su baze $\frac{h}{4} \cdot \gamma_e$ ir aukščio h. Paskui daliname užpilą i sekcijas, randame atitinkančius horizontalius žemės spaudimus E_1^h, E_2^h, ... $E_1^{h'}$, $E_2^{h'}$ ir t. t. Šitas horizontales jėgas sujungiame su vertikalėmis jėgomis ir gauname tikras žemės spaudimo jegas. Arkos spaudimo liniją galima nubraižyti, sudėjus žemės spaudimus E su atitinkančiais arkos sekcijų svoriais.



411 brėž.

Atramos turi išlaikyti tiek vertikales, tiek ir horizontales reakcijos komponentes ir perduoti visą spaudimą gruntui. Pastatytieji be polių ramtai ir taurai turi turėti tokį pado plotą, kad atstojamoji galėtų pereiti per branduolį.

Kad išvengus arkoje plyšimų, ramtai turi būti labai atsargiai statomi. Ramtų apskaičiavimui turi didelės reikšmės šie atsitikimai:

a) visa arka apkrauta paslankiuoju krūviu, ramtas neapkrautas,

b) ramtas apkrautas p kg/m², o arka neapkrauta, vadinasi, turi išlaikyti tik savąjį svorį ir užpilo svorį,

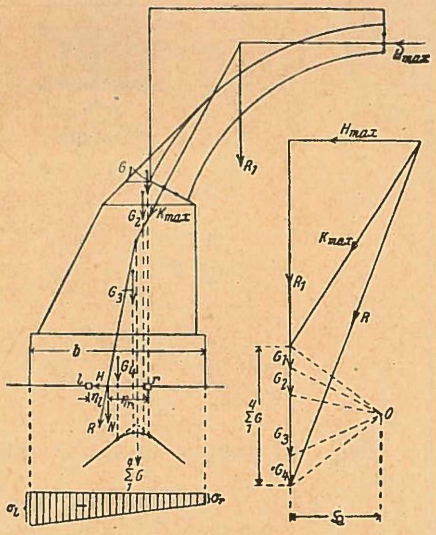
c) Skliautas neapkrautas, ramtas dar neužpiltas, kas statybos metu atsitinka.

412 brėž. duotas šiam paskutiniam atsitikimui grafiškas ramto skaičiavimas. Iš pradžių surandame arkos maksimalę spaudimo jėgą K_{max}, o paskui, sudėdami ją su ramto jėgomis g_1—g_4, dame atstojamąją R. Suskirstę R į vertikalinę jėgą N ir horizontalinę H, gausime iš momentų lygčių:

Grunto spaudimas σ:

$$\sigma_1 = \frac{M_r}{W} = \frac{N \cdot \eta_r}{\frac{1 \cdot b^2}{6}} = \frac{6 N \eta_r}{b^2},$$

$$\sigma_r = \frac{M_l}{W} = \frac{N \cdot \eta_e}{\frac{1 \cdot b^2}{6}} = \frac{6 \cdot N \eta_r}{b^2}.$$

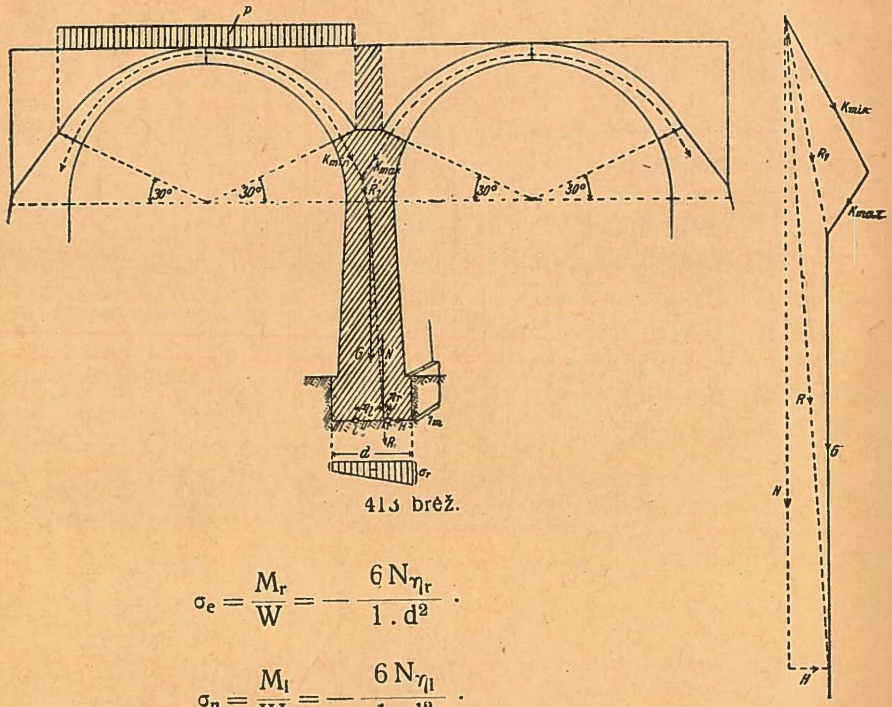


412 brėž.

Kadangi jėgų atstojamoji pereina per branduolį, tai diagramos figura bus trapecija.

Taurai turi išlaikyti kuo nepatogiausią apkrovimą, kai viena anga (jei jos nelygios, tai didesnioji) apkrauta paslankiuoju krūviu, o kita tik savuoju svoriu (413 brėž.).

Todėl, norėdami didžiausią tauro spaudimą gruntui nustatyti, turime apkrautai arkai nubraižyti minimalę, o neapkrautam — maksimalę spaudimo linijas (413 brėž.). Sudėję K_{max} ir K į atstojamąją R_1 ir pridėję dar tauro svorį G, gauname galutiną atstojamąją R. Suskirstę R į N ir H, gauname grunto spaudimą:



413 brėž.

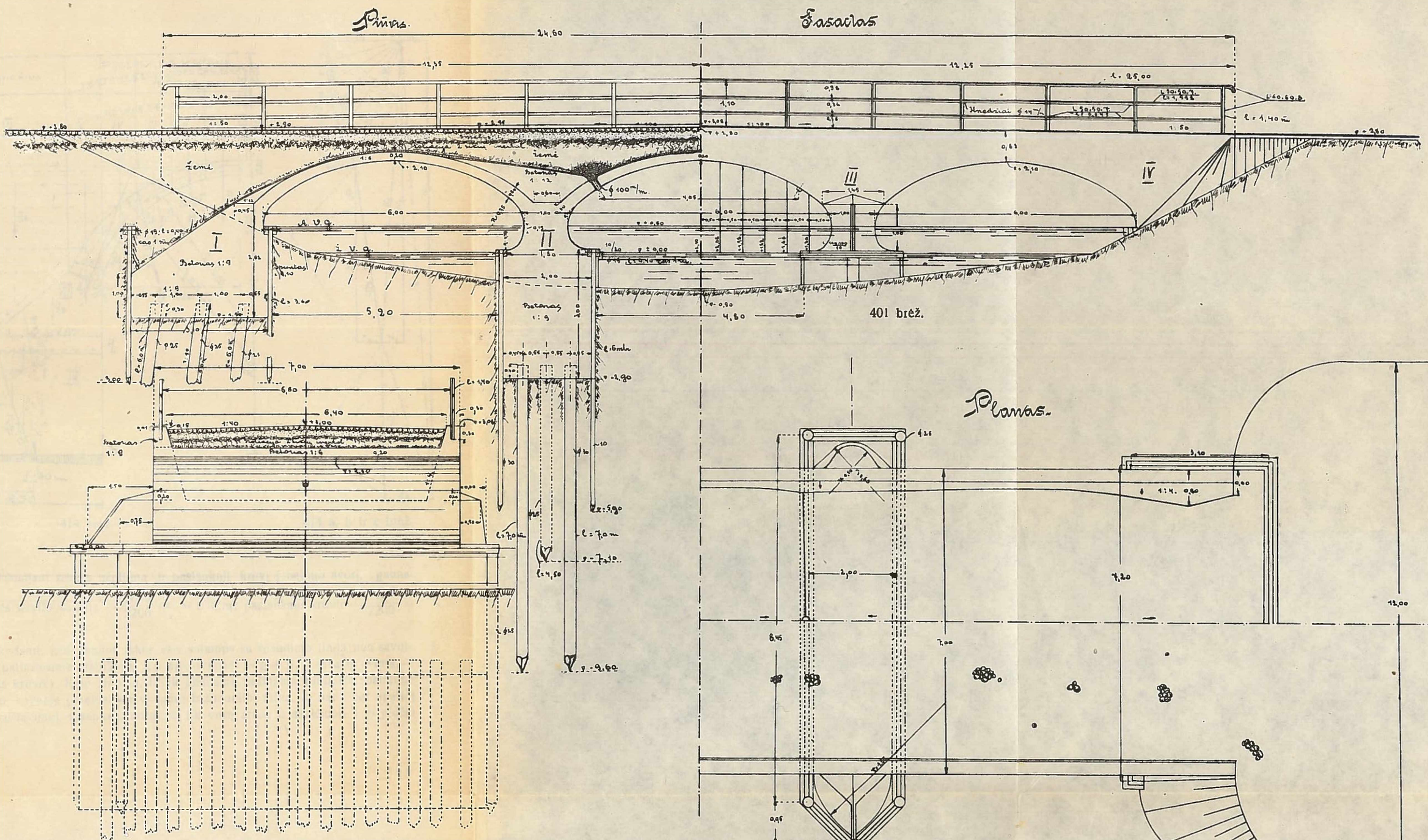
$$\sigma_e = \frac{M_r}{W} = -\frac{6\,N\eta_r}{1\,.\,d^2}\,.$$

$$\sigma_n = \frac{M_l}{W} = -\frac{6\,N\eta_l}{1\,.\,d^2}\,.$$

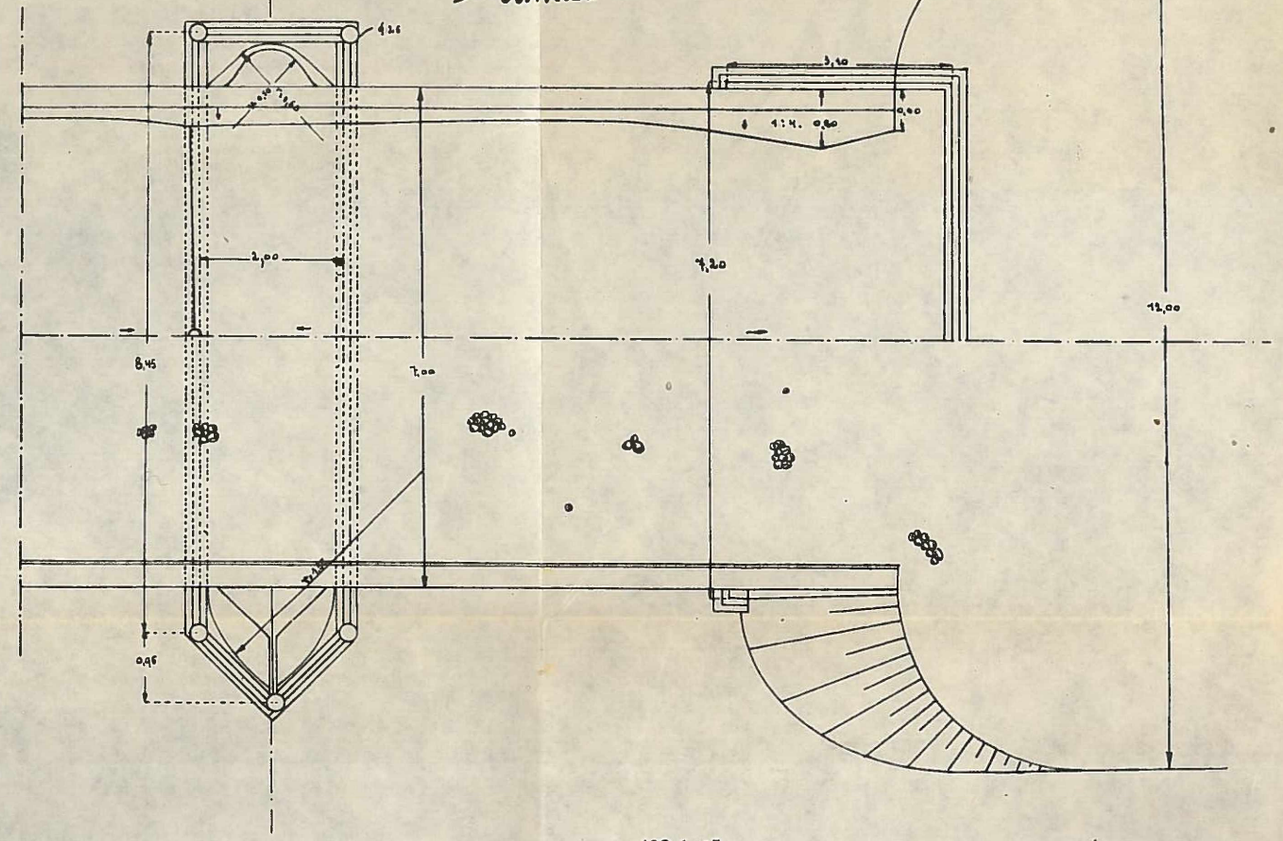
Taip pat galima vartoti ir anksčiau nurodytą formulę:

$$\sigma = \frac{N}{d\,.\,100}\left(1 \pm \frac{6\cdot e}{d}\right).$$

TRIJŲ SKLIAUTŲ TILTAS



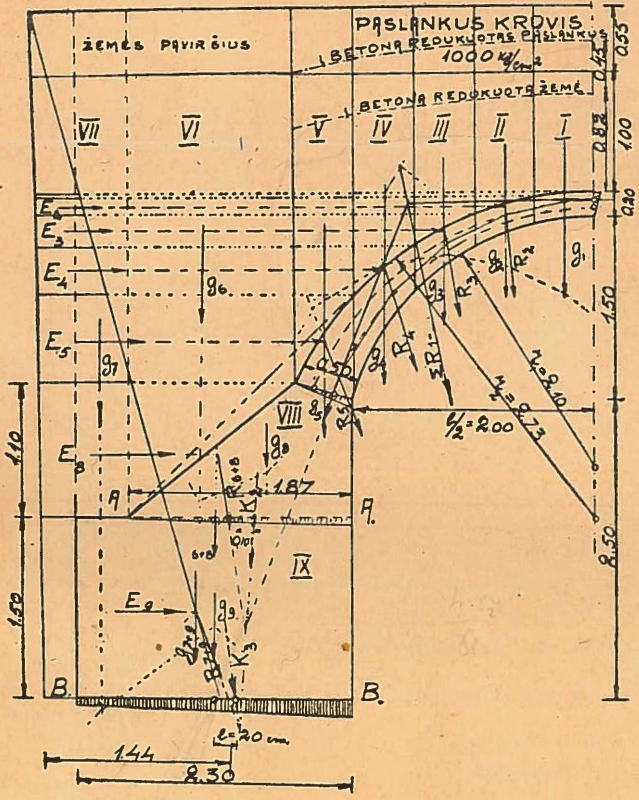
401 brėž.



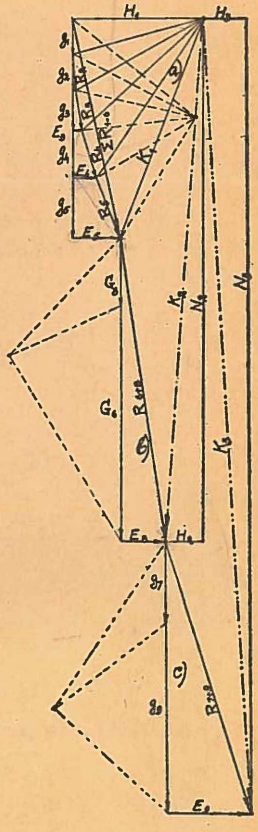
403 brėž.

402 brėž.

1 pavyzdys. Patikrinti įtempimus duotoje 4 m angos daudoje. Arkos vidurinė ir išorinė linijos išvestos radijusais $r = 2{,}10$ m ir $r = 2{,}73$ m, $f = 1{,}50$ m. Spynos storis — 20 cm, pado — 50 cm. Ramto išmieros matyti iš 414 brėž. Paslankusis krūvis — 1000 kg/m². Leidžiamas žemės spaudimas $\sigma = 2{,}2$ kg/cm².



414 brėž.



414 a, b ir c brėž.

Redukuojant žemės užpilimą ir paslankųjį krūvį į betono svorį, gauname: žemės užpilo aukštis $\frac{1800}{2200} = \sim 0{,}82$ m; paslankaus krūvio $\frac{1000}{2200} = 0{,}45$ m.

Laikydami, kad daudos arkos ašis sutampa su spaudimo linija nuo savojo svorio g, patikrinsime atsitikimą, kai apkrovimas $= g + p$, (savasis svoris + paslankusis krūvis). Kaip žinoma, tąsyk gaunama vadinama minimalė spaudimo linija, kuri spynoje pereina per viršutinį branduolio tašką, o pade per apatinį tašką. Skaičiavimui užtenka nubraižyti tik pusę arkos ir skaičiuoti 1 m pločio

juostai. Arką su redukuotu užpilimu ir paslankiu krūviu daliname į 10 vienodų dalių po 0,49 m pločio. Redukuotos dalių ordinatos bus tokios:

$$0{,}82 + 0{,}45 = 1{,}27 \text{ m}$$
$$0{,}84 + 0{,}45 = 1{,}29 \text{ „}$$
$$0{,}96 + 0{,}45 = 1{,}41 \text{ „}$$
$$1{,}15 + 0{,}45 = 1{,}60 \text{ „}$$
$$1{,}50 + 0{,}45 = 1{,}95 \text{ „}$$
$$2{,}11 + 0{,}45 = 2{,}56 \text{ „}$$

Kiekvieną tokią arkos dalį veikia trys jėgos: arkos svoris, užpilo ir paslankaus krūvio svoriai ir šoninis žemės spaudimas. Žemės spaudimas virš arkos spynos yra pusiausvyroje. Arkos, užpylo ir paslankaus kruvio svoris lengvai surandamas iš atskirų sekcijų (I — V) tūrio; jų jėgos g pridėtos visur svorio centre.

$$g_1 = \frac{1{,}27 + 1{,}29}{2} \times 0{,}49 \times 2200 = 1380 \text{ kg.}$$

$$g_2 = \frac{1{,}29 + 1{,}41}{2} \times 0{,}49 \times 2200 = 1460 \text{ „}$$

$$g_3 = \frac{1{,}41 + 1{,}60}{2} \times 0{,}49 \times 2200 = 1620 \text{ „}$$

$$g_4 = \frac{1{,}60 + 1{,}95}{2} \times 0{,}49 \times 2200 = 1910 \text{ „}$$

$$g_5 = \frac{1{,}95 + 2{,}56}{2} \times 0{,}49 \times 2200 = 2430 \text{ kg}$$

Žemės spaudimai skaičiuojami pagal žemės spaudimo trikampį, jo bazė imama $\frac{h}{4} = \frac{5{,}75}{4} = 1{,}44$ m. Kiekvieną arkos sekciją atitinka žemės spaudimo jėga E, kurią galima lengvai surasti iš trapecijos ploto; ji veikia į atitinkamos sekcijos vertikalę projekciją.

$$E_1 = \sim 0$$
$$E_2 = 0{,}4 \times 0{,}13 \times 1800 = 94 \text{ kg}$$
$$E_3 = 0{,}47 \times 0{,}25 \times 1800 = 212 \text{ „}$$
$$E_4 = 0{,}53 \times 0{,}57 \times 1800 = 544 \text{ „}$$
$$E_5 = 0{,}69 \times 0{,}73 \times 1800 = 905 \text{ „}$$

Jėgas g ir E sudedame į atstojamąsias R (414 a brėž.), kurios veikia šių jėgų persikirtimo taškuose; virvinio daugiakampio pagalba surandame jų bendrą atstojamąją ΣR_{1-6}, kurią suskirstome į horizontalę jėgą H_1 ir normalę padui spaudimo jėgą K_1; H_1 kryptis duota, K_1 nustatoma (414 a brėž.):

$$H_1 = 5200 \text{ kg}; \quad K_1 = 9400 \text{ kg}.$$

Persikirtimo tašką H ir K imame kaip naujo virvinio daugiakampio polių, kurio pagalba nubraižome arkos spaudimo liniją; tok.a linija t k vienoje vietoje kiek išeina iš branduolio. Spaudimo linija yra priimtina, spaudimai spynoje ir pade bus tokie:

$$\sigma_{spyn.} = -\frac{2 . H_1}{a\,b} = \frac{2 . 5200}{20.100} = -5{,}2\ kg/cm^2,$$

$$\sigma_{pad.} = -\frac{2 . K_1}{a\ b} = \frac{2 . 9400}{50.100} = -3{,}76\ kg/cm^2.$$

Įtempimai nežymūs. Toliau ieškome įtempimus piūvyje A—A ir B—B Sujungę jėgas g_8 ir g_6 į vieną atstojamąją g_{6+8}, sujungiame su žemės spaudimu E_8 ir randame bendrą atstojamąją K_2 (414 b brėž.).

$$g_8 = \frac{0{,}50 + 1{,}57}{2} \times 1{,}05 \times 2200 = 2730\ kg,$$

$$g_6 = 1{,}4 \times 3{,}73 \times 1800 = 9430\ kg,$$

$$E_8 = 0{,}90 \times 1{,}10 \times 1800 = 1790\ kg.$$

K_2 turi ekscentricitetą e = 10 cm ir lygsta 20950 kg.
Vertikalinė projekcija $N_2 = 20850$ kg.
Betono spaudimas piūvyje A—A bus:

$$\sigma_B = \frac{N_2}{a.b}\left(1 \pm \frac{6 . e}{a}\right) = \frac{20850}{187 . 100}\left(1 \pm \frac{6.10}{187}\right) = 1{,}11\,(1 \pm 0{,}32) =$$
$$= +1.46\ kg/cm^2$$
$$= -0{,}75\ kg/cm^2.$$

Sudėję tolimesnes jėgas g_9, g_7, E_9, gauname piūvyje B—B atstojamąją K_3 (414 c brėž.):

$$g_9 = 2{,}3 \times 1{,}5 \times 2200 = 7600\ kg,$$
$$g_7 = 1{,}43 \times 4{,}2 \times 1800 = 3250\ „$$
$$E_9 = 1{,}23 \times 1{,}5 \times 1800 = 3320\ „$$

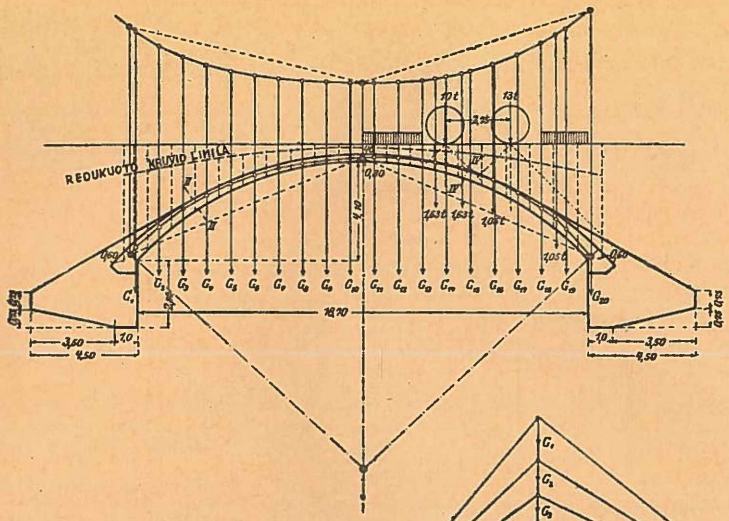
$K_3 = 31800$ kg, $N_3 = 31700$ kg, ekscentricitetas e = 20 cm. Grunto spaudimas σ lygsta:

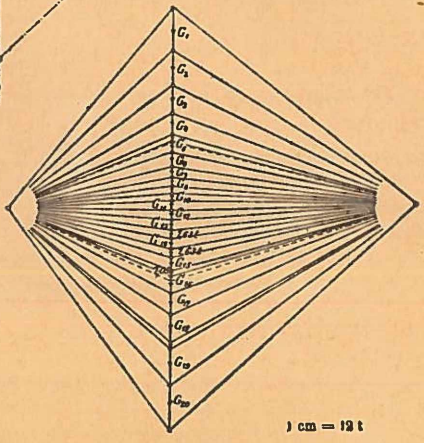
$$\sigma = \frac{31800}{230 . 000}\left(1 \pm \frac{6 . 20}{230}\right) = 1{,}38\,(1 \pm 0{,}52) = +2{,}10\ kg/cm^2$$
$$-0{,}66\ kg/cm^2.$$

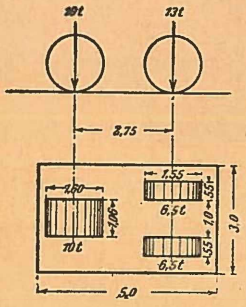
Iš šio patikrinimo matyti, kad betono įtempimai labai mažai išnaudoti. Arkos dėl praktiškų sumetimų neapsimoka mažinti, ramtą galima sumažinti, ypač piūvyje A—A.

II pavyzdys. Apskaičiuoti 415 brėž. parodytą arkinį 18,7 m angos ir 4,1 strėlės tiltą.

Tilto storis spynoje priimtas 0,30 m, pade 0,60 m. Apkrovimas: 23 t plentrolis (416 brėž.), be to, žmonių minia 500 kg/m². Skaičiuotė atlikta grafiškai, 1 m pločio arkai. Arka padalinta į 1 m pločio sekcijas. Žemės užpilo svoris (su grindiniu) redukuotas į gelžbetonį. Redukavimo koeficientas $n = \frac{1600}{2400} = \frac{2}{3}$. Tąsyk vidurinės trapecijų (sekcijų svorių) linijos atstoja krūvius.

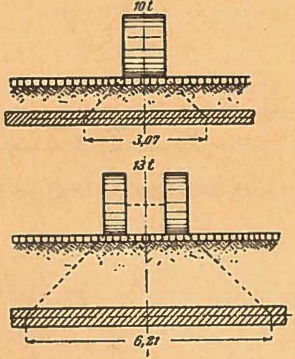


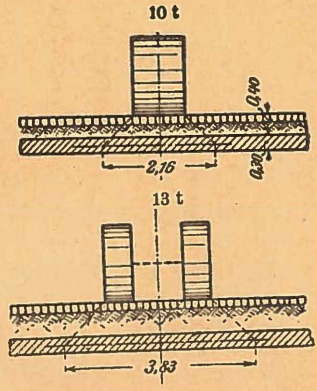




416 brėž.

415 brėž.





419 brėž.

417 brėž.

I. Arkos skaičiavimas vienpusiam apkrovimui.

Kairė arkos pusė tėra apkrauta savuoju svoriu; dešinėje pusėje pastatytas plentvolis taip, kad viduris atstumo tarp ašių sutampa su arkos pusės viduriu; plentvolio prieky ir užpakaly žmonių minia 500 kg/m². Priekinių ir užpakalinių ratų spaudimas pasiskirsto pagal 417 brėž. skersai arkos 3,07 m ir 6,21 m ilgiu, tad 1-am m arkos pločio tenka krūviai:

$$P_1 = \frac{10}{3,07} = 3,26\ t \quad \text{ir} \quad P_2 = \frac{2 . 6,5}{6,21} = 2,10\ t .$$

P_1 ir P_2 išilgai tilto suskirstomi kiekvienas į dvi sudedamąsias:

$$\frac{P_1}{2} = 1,63\ t \quad \text{ir} \quad \frac{P_2}{2} = 1,05\ t .$$

Spaudimo linija yra išvesta pagalba jėgų poligono pro apatinį branduolio tašką apkrautoje arkos pusėje, vidurinį tašką spynoje ir viršutinį branduolio tašką neapkrautoje arkos pusėje (415 brėž.). Jėgų poligone jėgos atadedamos išmatavus vidurines į gelžbetonio redukuotų sekcijų linijas mastu 1 cm = 12 t, vadinasi, atidedamos tų linijų pusės, nes joms 1 cm = 2,4 . 2,5 = 6. Gautieji nuo šito apkrovimo betono įtempimai surašyti A lentelėje.

II. Arkos skaičiavimas abipusiam apkrovimui.

Plentvolis priekiniu ratu stovi ant spynos; plentvolio prieky ir užpakaly žmonių minia 500 kg/m² (418 brėž.), Spaudimo paskirstymas skersai arkos parodytas 419 brėž. Vienam arkos pločio metrui tenka krūviai:

$$P_1 = \frac{10,0}{2,16} = 4,63\ t \quad P_2 = \frac{2 . 6,5}{3,83} = 3,39\ t .$$

Šitie krūviai išilgai tilto suskirstomi kiekvienas į dvi sutelktas jėgas:

$$\frac{P_1}{2} = 2,32\ t \quad \text{ir} \quad \frac{P_2}{2} = 1,70\ t \ (418\ \text{brėž.}).$$

Spaudimo linija išvesta pro spynos ir padų vidurį; atitinkamas jėgų daugiakampis parodytas 418 brėž. Mastas toks pat, kaip ir anksčiau. Gautieji betono įtempimai surašyti B lentelėje.

III. Geležinės armatūros skaičiavimas.

Geležinė armatūra išskaičiuota apytikriai iš įtempimo plotų diagramos.

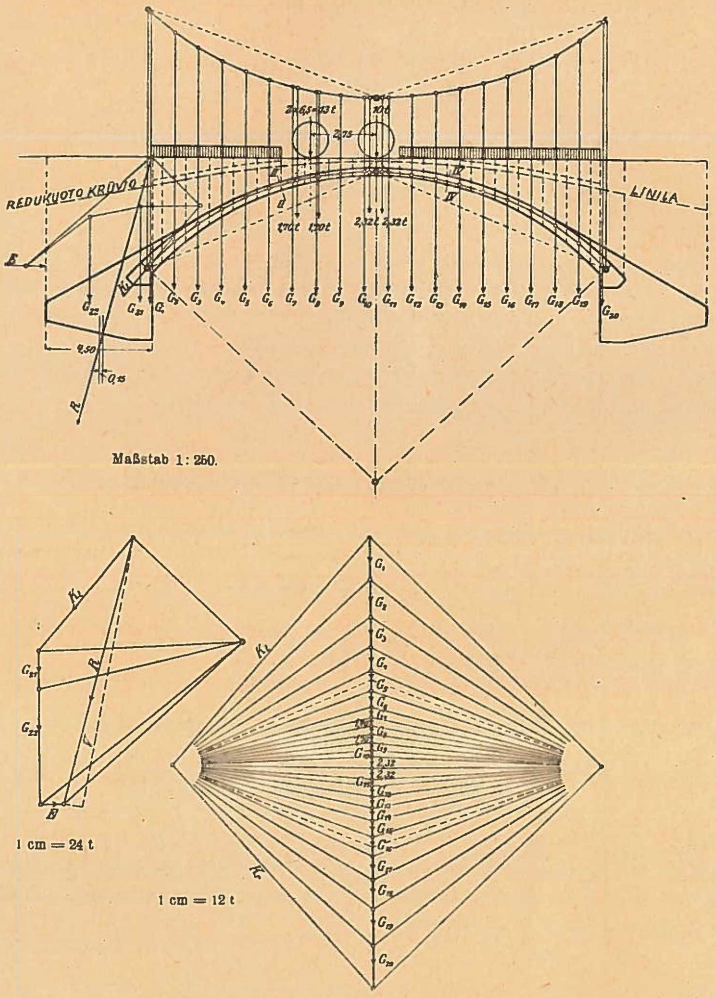
a) *Apatinė armatūra**).

Didžiausias traukimo įtempimas piūvio apačioje, kaip matyti iš A lentelės, gaunamas piūvyje $\frac{1}{4}$ dešinėje, vienpusiai apkrovus arką. $\sigma = 25,30\ kg/cm^2$

Reikalingas geležies kiekis pagal 420 brėž., kai $\sigma_e = 1000$ kg/cm² bus:

$$f_e = \frac{x \cdot 25{,}30 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = \frac{18 \cdot 25{,}30 \cdot 25{,}30 \cdot 100}{34{,}80 \cdot 2 \cdot 1000} = 16{,}6 \text{ cm}^2.$$

Paimta 15 strypų 12 mm diam. su $f_e = 16{,}95$ cm².



418 brėž.

*) Panaudotas čia apytikris armatūros piūviui išskaičiuoti būdas duoda per didelį piūvį, tad tinka tik nedideliems tiltams. Tikslus būdas — žiūr. Mörsch „Eisenbetonbau" I Bd. Hälfte 436 pusl. V Aufl.

A lentelė.

Rievė	$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W}$	Įtempimai	
		viršuje	apačioje
I. Kairysis padas	$\frac{52420}{100.60} \pm \frac{52420.10.6}{100.60^2} = 8{,}74 \pm 8{,}74 =$ $= 17{,}48\ kg/cm^2$ spaud.		0,0 kg/cm² temp.
II. $\frac{1}{4}$ kairėje	$\frac{38210}{100.46} \pm \frac{38210.12.6}{100.46^2} = 8{,}31 \pm 13{,}00 =$ $= 21{,}31\ kg/cm^2$ spaud.		— 4,69 kg/cm² temp.
III. Spyna	$\frac{33936}{100.30} = 11{,}31 =$ $= 11{,}31\ kg/cm^2$ spaud.		
IV. $\frac{1}{4}$ dešinėje	$\frac{34180}{100.36} \pm \frac{34180.22.6}{100.36^2} = 9{,}50 \pm 34{,}80 =$ $= 44{,}30\ kg/cm^2$ spaud.		— 25,30 kg/cm² temp
V. Dešinysis padas	$\frac{54960}{100.60} \pm \frac{54960.10.6}{100.60^2} = 9{,}16 \pm 9{,}16 =$ $= 0{,}0\ kg/cm^2$		18,32 kg/cm² spaud.

B lentelė.

Rievė	$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M}{W}$	Įtempimai	
		viršuje	apačioje
I, Kairysis padas	$\frac{60290}{100.60} = 10{,}05 =$ $= 10{,}05\ kg/cm^2$ spaud.		
II. $\frac{1}{4}$ kairėje	$\frac{41360}{100.35} \pm \frac{41360.8.6}{100.35^2} = 11{,}82 \pm 16{,}21 =$ $= 28{,}03\ kg/cm^2$ spaud.		— 4,39 kg/cm² temp.
III. Spyna	$\frac{39840}{100.30} = 13{,}28 =$ $= 13{,}28\ kg/cm^2$ spaud.		
IV. $\frac{1}{4}$ dešinėje	$\frac{40900}{100.32} \pm \frac{40900.9.6}{100.32^2} = 12{,}78 \pm 21{,}57 =$ $= — 8{,}79\ kg/cm^2$ temp.		34,35 kg/cm² spaud.
V. Dešinysis padas	$\frac{60290}{100.60} = 10{,}05 =$ $= 10{,}05\ kg/cm^2$ spaud.		

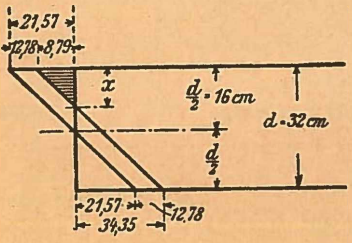
b) *Viršutinė armatūra.*

Didžiausias traukimo įtempimas viršuje, kaip matyti iš B lentelės, gaunamas piūvy $\frac{l}{4}$ dešinėje ir yra lygus 8,79 kg/cm^2.

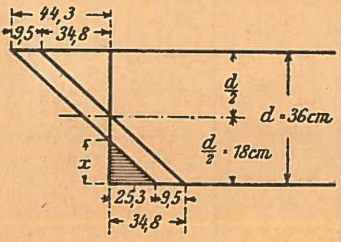
Reikalingas geležies kiekis pagal 421 brėž. bus:

$$f_e = \frac{x \cdot 8{,}79 \cdot 100}{2 \cdot 1000} = \frac{16 \cdot 8{,}79 \cdot 8{,}79 \cdot 100}{21{,}57 \cdot 2 \cdot 1000} = 2{,}9 \text{ cm}^2.$$

Paimta 10 strypų 10 mm diam. su $f_e = 7{,}90$ cm^2. Kaip paskirstomoji armatūra paimta 7 mm apv. geležis, padėta spynoje per 10 cm, padų link — iki 30 cm atstumo.



420 brėž.



421 brėž.

4. Grunto įtempimas (kairiojo ramto).

Žemės spaudimas:

$$E = \frac{\gamma_e \cdot h^2}{8} = \frac{1{,}6 \cdot 6{,}85^2}{8} = 9{,}38 \text{ t}.$$

Sudėję pado spaudimą K_2 su savuoju svoriu ir žemės spaudimu (418 brėž.) gauname atstojamąją R. Tos atstojamosios sudedamoji, statmena pamato padui, V = 111,0 t ir jos ekscentricitetas e = 15 cm.

Grunto spaudimas bus:

$$\sigma = \frac{111000}{100 \cdot 450}\left(1 \pm \frac{6 \cdot 15}{450}\right).$$

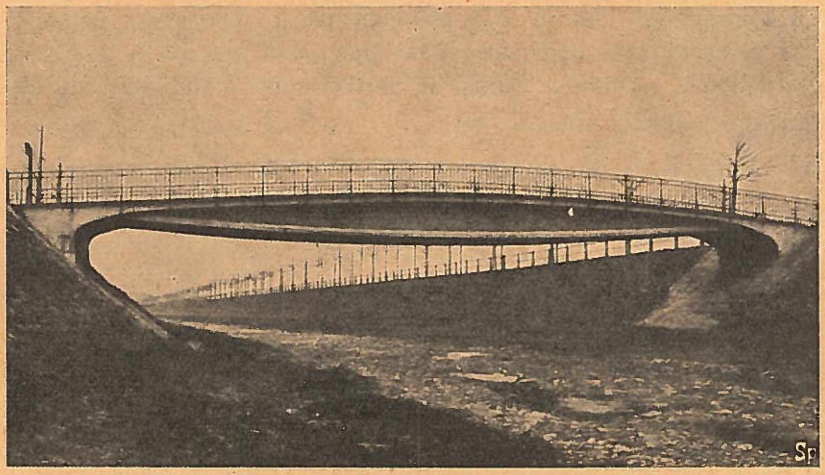
$\sigma_1 = 3{,}0$ kg/cm^2 (vidujinis kraštas),

$\sigma_2 = 2{,}0$ kg/cm^2 (išorinis „).

VIII. Didžiųjų angų tiltai

81. Balkiniai tiltai

Apie paprastus ant dviejų atramų balkinius tiltus jau buvo anksčiau kalbėta, tad jų čia nenagrinėsime. 422 brėž. atvaizduotas prof. Möller sistemos balkinis 26,2 m angos tiltas. Šis tiltas yra pastatytas netoli Dresdeno. Tokio žuvies pavidalo perdengimo briaunos sudėtos iš tempiamų geležies juostų ir gniužiamų betono briaunų. Tempiamoji juosta sudėta iš plokščios geležies,



422 brėž. Möller sistemos tiltas arti Dresdeno.

kurios galai įtvirtinti betone prikniedytų kertuočių pagalba. Bendrai, geležinė juosta veikia kaip styga ir atramos gauna tik vertikales jėgas. Be šios sistemos iš statiškai išsprendžiamų sistemų reikia pažymėti balkius su konsolėmis, su kontrsvoriu ir Gerberio sistemos balkius.

423 brėž.

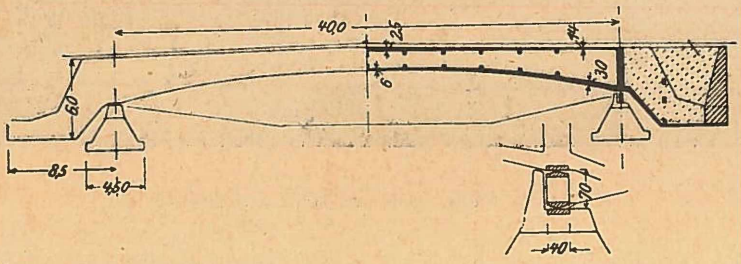
Balkiai su konsolėmis statiškai išsprendžiami tik tada, kai jie nėra standžiai surišti su atramomis (423 brėž.). Konsolių dydį galima nustatyti ta sąlygą, kad momentas nuo savojo svorio ties balkio viduriu būtų lygus nuliui.

X brėžinių lape, 424, 425, 426 brėž. parodytas 1931 m. Švėkšnos — Žagatpurvių plente numatyto pastatyti tilto per Ašvos upę

projektas. Tilto vidurinė anga 22,00 m, konsolės po 8,00 m; 426 brėž. parodytas tilto skerspiūvis — 4 balkiai per 2,00 m. vienas nuo kito; bendras tilto platumas 7 m. Plokštė 20 cm storumo. Išilginių svarbiųjų balkių aukštis ties viduriu 1,60 m, ant atramų 2,00 m. Balkių platumas — 45 cm; ant atramų dideliems neigiamiems momentams priimti, balkiai plane paplatinti nuo 45 į 75 cm (425 brėž.). Skersinių balkių pastatyta pakankamai, kad gavus gerą tilto standumą. Atramos betoninės, pamato gilumas, skaitant nuo vasaros vandens horizonto, 2,80 m. Lytlaužų piūvis plane trikampis.

Jei šoninės angos gali būti uždarytos, tai vartojamos konsolės su kontrsvoriu. Tokiems tiltams reikia duoti labai gerus pamatus, nes kiekvienas atramos nusėdimas panaikina teigiamąjį kontrsvorių veikimą. Atramos gauna tik vertikalinius spaudimus, tad reikalauja nedidelių išmierų.

Kad pilnai išnaudojus kontrsvorio veikimą, patariama tarpą po konsolėmis aptverti mūru. Labai dideli neigiami atraminiai šių tiltų momentai reikalauja stiprios armatūros,



427 brėž.

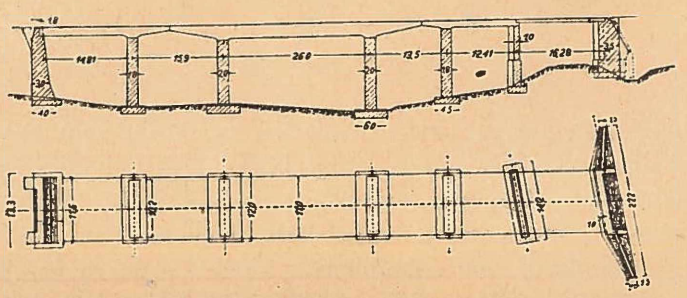
427 brėž. parodytas Freiburge (Vokietijoje) pastatytas tiltas. Tilto vidurinė anga turi 40 m, konsolės su kontrsvoriais po 8,5 m; jųjų aukštis 6,0 m. Išvedus atramų užpakaly betoninę sienelę, gauta tuščia dėžė, kuri užpilta žeme. Tilto apatinis paviršius lygus. Įdomiai kaiteliojamas viršutinės ir apatinės plokščių storumas: atitinkamai gniužimo įtempimų didėjimui važiuojamosios dalies plokštė storėja tilto vidurio link, o apatinė plokštė atramų link. Judomoji atraminė dalis — gelžbetoninė svyruojanti pėdžia su plieno padėkliais.

428 brėž. schematiškai parodytas tiltas iš atskirų balkių su konsolėmis. Tokia sistema turi gerą nekarpytų balkių ypatybę

428 brėž.

— momentų sumažėjimas, iš kitos pusės išvengiama blogos atramų nusėdimo pasėkos.

429 brėž. parodytas tokios sistemos pastatytas tiltas per geležinkelį Bochume (Vokietijoje).

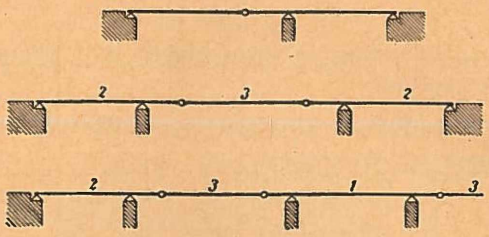


429 brėž.

Gerberio statiškai išsprendžiama sistema už nekarpytus balkius yra tuo geresnė, kad maži atramų nusėdimai neiššaukia papildomų įtempimų. Galima pasakyti, kad Gerberio sistema turi didelės reikšmės gelžbetoninių tiltų statyboje. Ji gerai tinka ir mūsų krašte, nes Lietuvoje retai kur pasitaiko geras patikimas gruntas. Be to, daugiausia esti lygus reljefas, aukštai kiląs vanduo, kas neleidžia plačiai statyti arkinių tiltų.

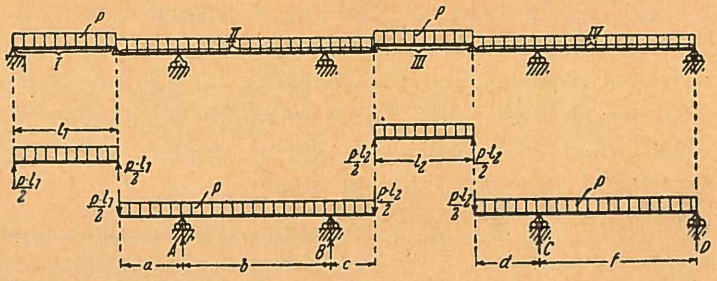
Nekarpytas n atramomis balkis, turįs vieną nejudomą ir n—1 judomų atramų yra (n — 2) syk statiškai neišsprendžiama sistema. Nejudomoje atramoje nežinomas reakcijos dydis ir kryptis, kiekvienoje iš (n—1) judomų atramų — tik dydis, vadinasi, viso $n - 1 + 2 = n + 1$ nežinomųjų. Kadangi galima sudaryti tik tris pusiausvyros lygtis ($\Sigma M = 0$, $\Sigma H = 0$, $\Sigma V = 0$), tai $n + 1$ nežinomiems surasti dar trūksta $n + 1 - 3 = n - 2$ lygčių. Šitas $n - 2$ lygtis gaunama perpiovus balkį ir įstačius $n - 2$ šarnyrus. Tada kiekvienam šarnyrui, kad sistema būtų pusiausvyroje,

visų veikiančių jėgų lenkimo momentų suma turi būti = O. Įstačius į nekarpytą balkį šarnyrus, jis pasiskirsto į balkius su konsolėmis ir kabančius balkius, kurie guli ant konsolių galų. 430, 431 ir 432 brėž. parodyti Gerberio sistemos pavyzdžiai. 430 brėž. — įstatytas vienas šarnyras, 431 brėž. - du šarnyrai, čia 3 — kabantis balkis,



430, 431 ir 432 brež.

2 — balkiai su vienpusėmis konsolėmis, ant kurių galų guli kabantis balkis. 432 brėž. - trys šarnyrai; čia 3 — kabantis balkis, 2 — balkis su vienpuse konsole, 1 — balkis su abipusėmis konsolėmis. Vienoje angoje negali būti daugiau kaip du šarnyrai. Dažniausiai, eina pakaitomis — viena anga su šarnyrais, kita — be šarnyrų. Iš pradžių statiškai apskaičiuojama kabantis balkis (pakaba), arba nors surandama jo atraminės reakcijos, kurios veikia, kaip išorinės jėgos, į konsolinius balkius; toliau skaičiuojama paprastu būdu.



433 brėž.

433 brėž. parodytas Gerberio šarnyrų statiškas veikimas. tolygiai apkrovus balkį. Visas balkis padalintas į balkius su konsolėmis ir pakabas, būtent: I ir III — kabantieji balkiai, II — balkis su abipusėmis konsolėmis, IV — balkis su vienpuse konsole. Tolygiai išskirstytas apkrovimas. — p kg/m². Atraminė reakcija

I balkio į II bus $\frac{pl_1}{2}$, III balkio į II ir IV — $\frac{pl_2}{2}$. Šitos reakcijos veikia kaip išorinės jėgos. Atraminė reakcija A surandama iš lygčių:

$$A.b - \frac{pl_1}{2}(a+b) - p(a+b)\frac{(a+b)}{2} + \frac{pl_2}{2}c + p.c.\frac{c}{2} = 0.$$

$$A = \frac{p}{2b}[(a+b)(l_1+a+b) - c(l_2+c)].$$

Reakcija B nustatoma pusiausvyros lygtimis $\Sigma V = 0$; tąsyk:

$$B + A - \frac{pl_1}{2} - \frac{pl_2}{2} - p(a+b+c) = 0,$$

$$B = p\left[\frac{l_1+l_2}{2} + a + b + c\right] - A.$$

Taip pat surandama:

$$C.f - \frac{pl_2}{2}(d+f) - p(d+f)\frac{d+f}{2} = 0.$$

iš kur: $$C = p\frac{d+f}{2f}[l_2+d+f].$$

Pagaliau: $$C + D - \frac{pl_2}{2} - p(d+f) = 0,$$

iš kur: $$D = p\left(\frac{l_2}{2}+d+f\right) - C.$$

Dabar gali būti surasti lenkimo momentai ir skersinės jėgos. Momentai paprasčiausiu būdu surandami, perpiovus balkį atramose ir, kaip pakaitalas, pridėjus veikiamus žemyn atraminius momentus M_1, M_2 ir M_3 (434 brėž.). Tąsyk:

$$A(l_1+a) - \frac{p(l_1+a)^2}{2} + M_1 = 0,$$

$$A = \frac{p(l_1+a)}{2} - \frac{M_1}{l_1+a} = A_0 - \frac{M_1}{l_1+a}.$$

Čia A_0 — paprasto angos $l_1 + a$ balkio atraminė reakcija.

Bet kuriame piūvyje, x atstu nuo kairės atramos, momentas bus:

$$M_x = A.x - \frac{p.x^2}{2} = \left(A_0 - \frac{M_1}{l_1+a}\right)\cdot x - \frac{p.x^2}{2} = A_0 . x -$$

$$- \frac{px^2}{2} - \frac{M_1}{l_1+a}\cdot x .$$

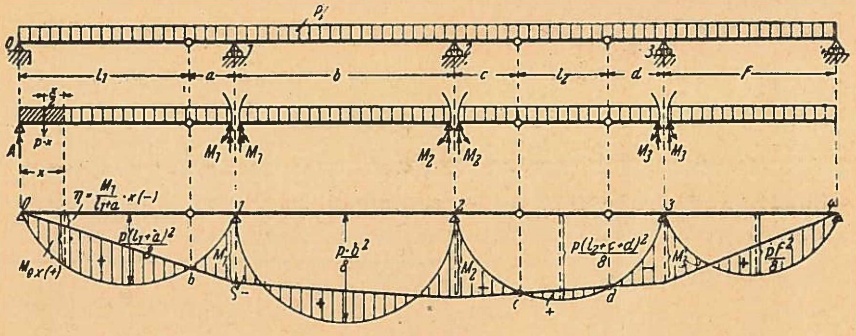
Čia $A_0 x - \frac{px^2}{2}$ yra paprasto angos $l_1 + a$ balkio momentas $= M_{0x}$.

Tąsyk formulė taip parašoma:

$$M_x = M_{0x} - \frac{M_1}{l_1+a}\cdot x .$$

M_{ox} gaunamas iš momento ploto paprasto balkio, angos $l_1 + a$, šiuo atsitikimu plotas parabolės su strėle $\frac{p(l_1+a)^2}{8}$ (434 brėž.). Atidėsime dabar ant einančios pro I atramą vertikalės atraminį momentą M_1 ir sujungsim ordinatės galą su tašku O tiesiąja. Jei išvesime atstume x nuo kairės atramos vertikalę, tai aukščiau minima tiesioji atkirs ant jos atkarpa

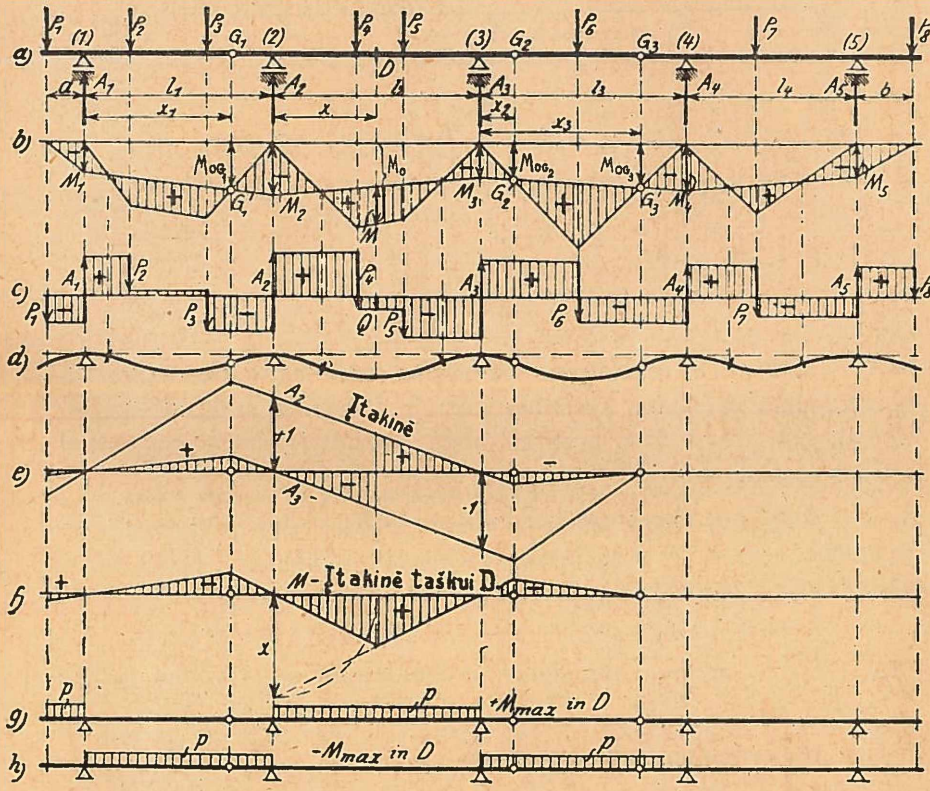
$$\eta_1 = \frac{M_1}{l_1+a}\cdot x \quad \left(\text{iš lygčių } \frac{\eta_1}{M_1} = \frac{x}{l_1+a}\right).$$



434 ir 435 brėž.

Kadangi lenkimo momentas šarnyrui = O, tai minima tiesioji kerta paprastojo balkio momento liniją taške b, nes tada momentas po šarnyru = O. Per tat nustatome momento M_1 dydį. Tuo pat būdu nutiesę pro taškus c ir d tiesiąją, gauname 2 ir 3 atramų

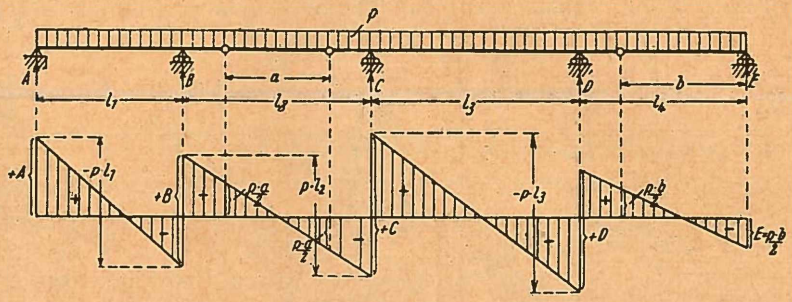
vertikalėse atkarpas = M_2 ir M_3. vadinasi, galime dabar išbraižyti visą atraminių momentų laužtinę, kuri sudaro su balkio ašimi neigiamų momentų plotus. Atėmę juos grafiškai iš teigiamų paprastųjų balkių momentų plotų, gauname 435 brėž. parodytąjį užbraukytą konsolinio balkio momentų plotą. Esa virš laužtinės momentų plotai yra neigiamų atraminių momentų plotai. Analogišku būdu elgiasi esant sutelktiems krūviams (436 a brėž.).



436 a—h brėž.

Iš pradžių vėl išbraižomi paprastųjų (dviem atramomis) balkių momentų plotai ir nustatomi nuliniai taškai po šarnyrais G_1, G_2 ir G_3. Atraminiai kraštiniai momentai $-M_1$ ir $-M_5$ yra žinomi ($=P_1 . a$ ir $P_8 . b$). Išvedę tiesiąją $M_1G'_1$, gauname einančioje pro 2 atramą vertikalėje atraminį momentą M_2; išvedę $G'_2 - G'_3$, gauname atraminius momentus M_3 ir M_4; tuo būdu išvedame momentų laužtinę ir nustatome teigiamų ir neigiamų momentų plotus.

Skersinės jėgos diagramos gaunamos tuo pat būdu, kaip ir paprastųjų balkių. Jos atvaizduotos 437 ir 436 c brėž. tolygiai išskirstytam ir sutelktam apkrovimui. Reikia įsidėmėti, kad šarnyruose skersinės jėgos yra lygios paprastųjų balkių, kurių anga lygi pakabinamų balkių angai, atraminėms reakcijoms.



437 brėž.

436 a - h brėžiniuose parodytas sudėtingas Gerberio balkis. Jam momentų, skersinių jėgų ir atraminių reakcijų dydžiai gali būti, be minėto grafiško būdo, nustatyti skaičiavimu pagal šias formules:

Angoje l_1 momentas bet kuriame taške atstu x nuo kairės atramos:

$$M_x = M_{0x} + M_1 + \frac{M_2 - M_1}{l_1} x ,$$

Čia M_{0x} — lenkimo momentas dviem atramomis laisvai padėto balkio $A_1 A_2$.

Šarnyre G_1, atstu x_1 nuo A_1

$$M_{G1} = 0 = M_{OG1} + M_1 + \frac{M_2 - M_1}{l_1} x_1 \quad \cdots\cdots \quad (a)$$

Šarnyruose G_2 ir G_3;

$$M_{G2} = 0 = M_{OG2} + M_3 + \frac{M_4 - M_3}{l_3} x_2 \quad \cdots\cdots \quad (b)$$

$$M_{G3} = 0 = M_{OG3} + M_3 + \frac{M_4 - M_3}{l_3} x_3 \quad \cdots\cdots \quad (c)$$

Iš lygčių a, b ir c sužinome nežinomus momentus M_2, M_3 ir M_4.

Bet kuriame taške D (antroje angoje) atstu x nuo kairės atramos:

$$M = M_0 + M_2 + \frac{M_3 - M_2}{l_2} x,$$

$$Q = Q_0 + \frac{M_3 - M_2}{l_2}.$$

Atraminės reakcijos:

$$A_1 = P_1 + A_0^{11} + \frac{M_2 - M_1}{l_1},$$

$$A_2 = A_0^{21} + A_0^{22} + \frac{M_1 - M_2}{l_2} + \frac{M_3 - M_2}{l_2},$$

$$A_3 = A_0^{32} + A_0^{33} + \frac{M_2 - M_3}{l_2} + \frac{M_4 - M_3}{l_2},$$

$$A_4 = A_0^{43} + A_0^{44} + \frac{M_3 - M_4}{l_3} + \frac{M_5 - M_4}{l_4},$$

$$A_5 = A_0^{54} + P_8 + \frac{M_4 - M_5}{l_4}.$$

Čia A_0^{11} ir A_0^{21} — kairė ir dešinė paprasto balkio ilgio l_1 atraminės reakcijos, A_0^{22} ir A_0^{32} — paprasto balkio ilgio l_2 ir t. t. 436 d brėž. parodyta įlinkio linija; 436 f — lenkimo momento taškui D įtakinė; 436 e — skersinės jėgos įtakinė, šitame brėž. sykiu gauname ir atraminių reakcijų A_2 ir A_3 įtakines; 436 g brėž. — tolygiai išskirstytas apkrovimas, kuris taškui D duoda maksimalį žemyn veikiantį lenkimo momentą, 436 h — aukštyn.

Šarnyrų nuo atramų atstumas reikia imti toks, kad pakabinamojo balkio maksimalis momentas būtų lygus maksimaliam konsolinio balkio momentui, nes abu balkiai tąsyk gauna vienodą piūvį. Maksimalis konsolinio balkio momentas dažniausiai yra atramoje (435 brėž.); jis yra neigiamas. Pakabinamojo balkio momentas — teigiamas.

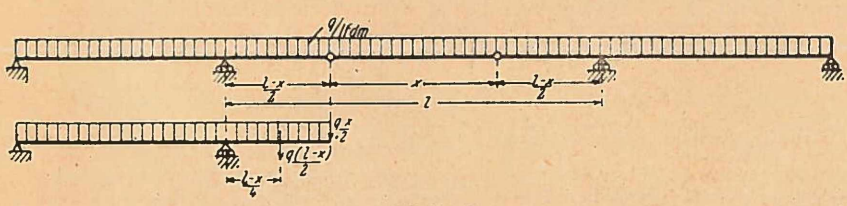
Kadangi balkių piūviams nustatyti turi reikšmės tik absoliutus dydis, tai pusiausvyros lygtyse abu momentai imami vienodo ženklo. Tąsyk gauname 439 brėž.):

$$\underbrace{\frac{q.x}{2} \cdot \frac{l-x}{2} + \frac{q(l-x)}{2} \cdot \frac{(l-x)}{4}}_{\text{Maks. konsolinio balkio momentas}} = \underbrace{\frac{q\,x^2}{8}}_{\text{Maks. pakab. balkio momentas}},$$

$$2x = l^2, \quad x^2 = l \cdot \frac{1}{2} = 0{,}71\,l.$$

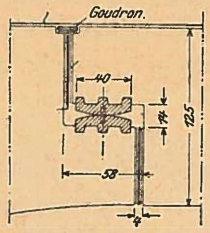
Tąsyk konsolių ilgis $\frac{l-x}{2} = 0{,}1465\,l$. Maksimalis atraminis ir pakabinamojo balkio momentas $= 0{,}0625\,gl^2$.

Ypatingai reikia kreipti dėmesio į pakabinamųjų balkių atramines vietas. Jos turi būti patikrintos vertikalėms ir horizontalėms

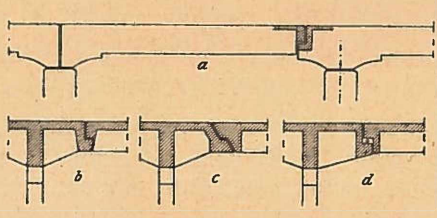


439 brėž.

skeliamosioms jėgoms. Šarnyrai vartojami įvairios konstrukcijos; kai mažos angos, pakanka padėti kelis lapus toliaus, kai vidutinio didumo angos — švino plokštę ir kai didelės atraminės reakcijos — tenka vartoti plienines ir gelžbetonines atramines dalis (su paritais ar čiuožiamosios). Nejudomos atraminės dalys gali būti daromos pagal 440 brėž. Matyti dyglį ir perdėlius iš cinko lapų



440 brėž.

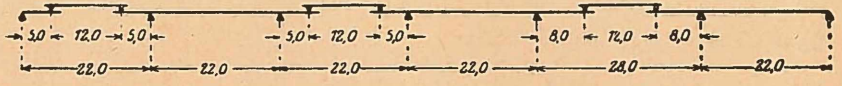


441 a—d brėž

(slinkimui palengvinti). 441 a — d brėž. parodytas įvairių formų šarnyrų įtasymas. Šarnyrų siūlės matyti ir iš lauko pusės. Kai norima sumažinti svarbiųjų sijų aukštį ties tilto viduriu, tąsyk reikia pailginti konsoles ir sutrumpinti pakabintus balkius. Kai labai ilgi pakabinti balkiai, tai, dėl didelių reakcijų, jų galus patariama paplatinti.

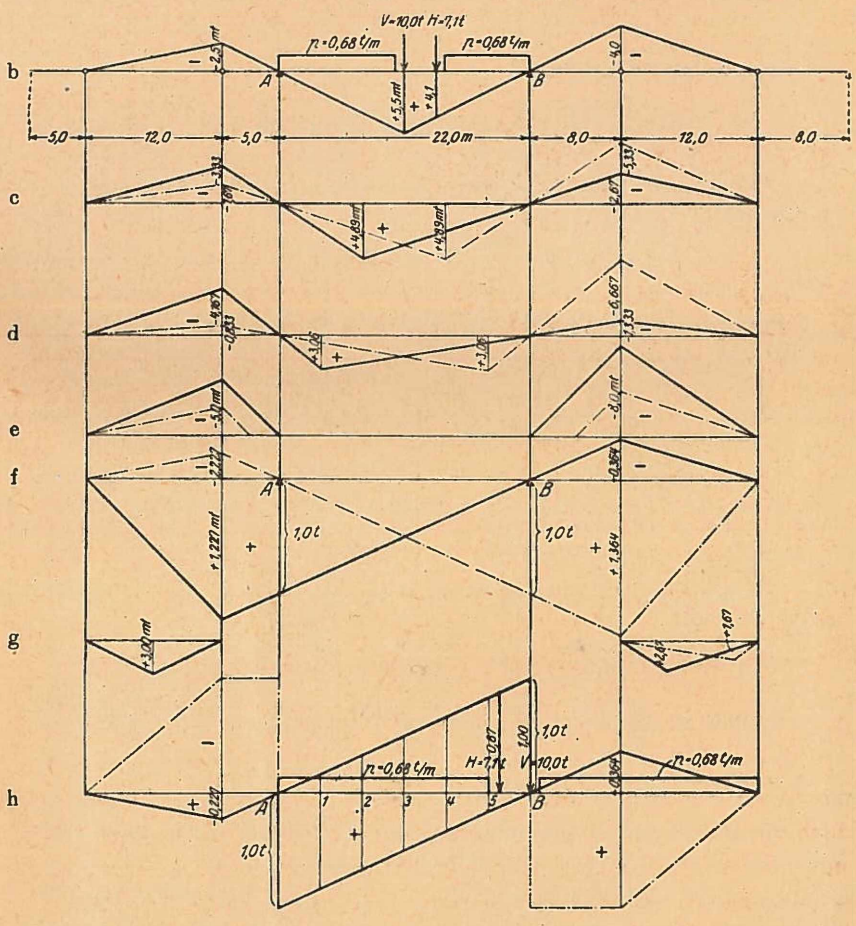
Gerberio balkio statiško skaičiavimo pavyzdys.

442 brėž. parodytos tilto išmieros: 5 angos po 22 m, viena anga 28 m. Visi pakabinti balkiai po 12 m, konsolės 5 ir 8 m ilgio. Paslankusis krūvis — 23 t. plentvolis ir 400 kg/m² žmonių minia.



442 brėž.

Skaičiuojama vidurinis konsolinis balkis 22 m angos su konsolėmis: viena 5,0 m, kita 8,0 m, ilgio ir 12 m ilgio pakabinamu balkiu.



442 b—h brėž.

Visų pirma išbraižomos kai kurių charakteringų piūvių įtakinės momentams ir skersinėms jėgoms (442 b-h brėž.).

Įtakinės išbraižomos tuo pat būdu, kaip ir laisvam dviejų atramų balkiui, tiesiant nuožulnias linijas ligi persikirtimo.

a) Momentų suradimas.

I. Nuo savojo svorio.

Pakabinto balkio atramų reakcija nuo savojo svorio (3,36 t/m), esant 12 m angai, bus:

$$K_1 = K_2 = \frac{g \cdot l}{2} = \frac{3{,}36 \cdot 12}{2} = 20{,}16 \text{ t}.$$

Momentas virš atramos A:

$$M_A = \frac{3{,}36 \cdot 5{,}0^2}{2} + 20{,}16 \cdot 5{,}0 = -142{,}80 \text{ tm}.$$

Momentas virš atramos B:

$$M_B = \frac{3{,}36 \cdot 8{,}0^2}{2} + 20 \cdot 16 \cdot 8 \cdot 0 = -268{,}78 \text{ tm}.$$

Momentas laisvai padėto (paprasto) balkio ties viduriu (l = = 22.0 m):

$$M_0 = \frac{g \cdot l^2}{8} = \frac{3{,}36 \cdot 22{,}0^2}{8} = +203{,}27 \text{ tm}.$$

Momentas ties pakabinto balkio viduriu (l = 12,0):

$$M'_0 = \frac{gl^2}{8} = \frac{3{,}36 \cdot 12{,}0^2}{8} = 60{,}5 \text{ tm}.$$

Momentas ties konsolinio balkio viduriu bus $\left(x = \frac{l}{2}\right)$:

$$M_3 = M_A + \frac{M_B - M_A}{2} - M_0 = (-142{,}8) + \frac{(-268{,}78) - (-142{,}80)}{2} - (+203{,}37) = -2{,}52 \text{ tm}.$$

Šitą dydį dydį mes gauname taip pat ir iš įtakinės konsolinio balkio viduriui:

$$M_3 = 3{,}36\left[\left(+\frac{22{,}0 \cdot 5{,}5}{2}\right) + \left(-\frac{17 \cdot 2{,}5}{2}\right) + \left(\frac{20 \cdot 4{,}0}{2}\right)\right] = -2{,}52 \text{ tm}.$$

Gautoji momentų nuo savojo svorio linija parodyta 443 a brėž.

II. Nuo paslankaus krūvio.

Momentai gauti įtakinių pagalba ir parodyti 443 b brėž. Plentvolio krūvių paskirstymas parodytas 443 c brėž.

Jie taip apskaičiuoti:

Piūvis ties balkio viduriu (442 b brėž.).

$+M_{p\,max} = +[10{,}0 \cdot 5{,}50 + 7{,}1 \cdot 4{,}1 + 1{,}0\ (9{,}6 + 18{,}0)] = +111{,}7$ tm:

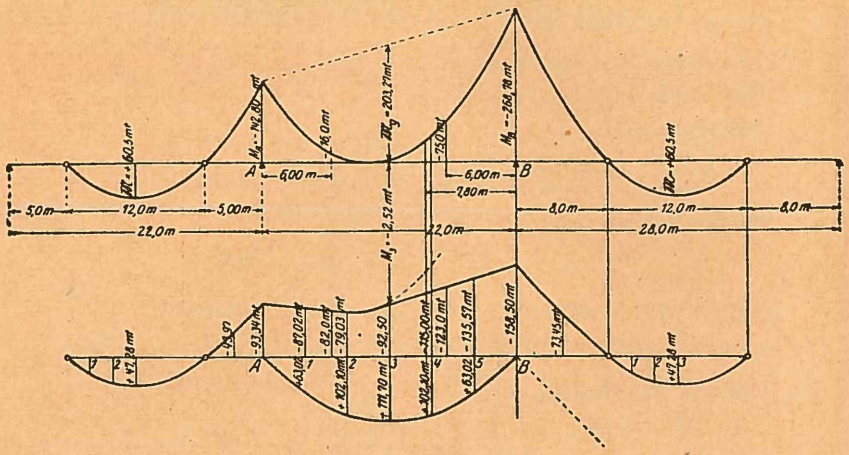
$-M_{p\,max} = -[10{,}0 \cdot 4{,}0 + 7{,}1 \cdot 3{,}0 + 1{,}0\ (17{,}2 + 14{,}0)] = -92{,}5$ tm:

Piūvis „2“ (442 c, ištisa linija)

$+ M_{p\,max} = + [10{,}0 \cdot 4{,}89 + 7{,}1 \cdot 4{,}00 + 1{,}0 \cdot 24{,}8)] = + 102{,}10$ tm.

$- M_{p\,max} = - [10{,}0 \cdot 3{,}33 + 7{,}1 \cdot 2{,}60 + 1{,}0 \cdot (10{,}65 + 16{,}62)] =$

$= - 79{,}03$ tm.



443 a ir b brėž.

Piūvis 4 (442 c brėž., punktiras)

$M_{p\,max} = + [10{,}0 \cdot 4{,}89 + 7{,}1 \cdot 4{,}00 + 1{,}0 \cdot 24{,}8)] = + 102{,}10$ tm.

$- M_{p\,max} = - [10{,}0 \cdot 5{,}33 + 7{,}1 \cdot 4{,}15 + 1{,}10 \cdot (22{,}8 + 9{,}45)] =$

$= - 115{,}00$ tm.

Analogiškai gauta:

Piūvis „1“ (442 d brėž.)

$+ M_{p\,max} = + 63{,}02$ tm.

$- M_{p\,max} = - 87{,}02$ tm.

Piūvs „5“ (442 d brėž.)

$+ M_{p\,max} = + 63{,}02$ tm.

$- M_{p\,max} = - 135{,}57$ tm.

Piūvis ant atramos A (442, e brėž. ištisa linija)

$- M_{p\,max} = - 93{,}34$ tm.

Piūvis ant atramos B (442 c brėž., punktiras)

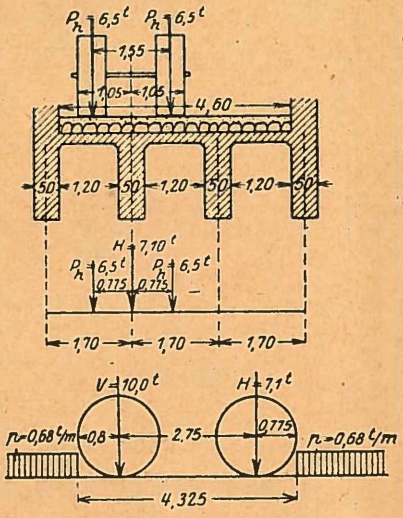
$- M_{p\,max} = - 158{,}5$ tm.

Piūvis ties kairės konsolės viduriu (442 e, punktiras)

$- M_{p\,max} = - 43{,}97$ tm.

Piūvis ties dešinės konsolės viduriu (442 e, punktiras)

$- M_{p\,max} = - 73{,}45$ tm.



443 c brėž.

Piūvis „3“ ties pakabinto balkio viduriu (442 g, kairėje)
$M_{p\,max} = + 47{,}28$ tm.
Piūvis „2“ pakabinto balkio (442, g, dešinėje, ištisa linija)
$M_{p\,max} = + 44{,}28$ tm.
Piūvis „1“ pakabinto balkio (442 g, dešinėje, punktiras)
$M_{p\,max} = + 27{,}66$ tm.

b) Skersinių jėgų suradimas

Nuo savojo svorio $g = 3{,}36$ t/m

Dešinėje nuo atramos A:

$$Q_d^A = \frac{g \cdot l}{2} = \frac{3{,}36 \cdot 22 \cdot 0}{2} = + 36{,}96 \text{ t}.$$

Kairėje nuo atramos A:

$$Q_k^A = K_1 - g \cdot a = 20{,}16 + 3{,}36 \cdot 5{,}0 = - 36{,}96 \text{ t}.$$

Kairėje nuo atramos B:

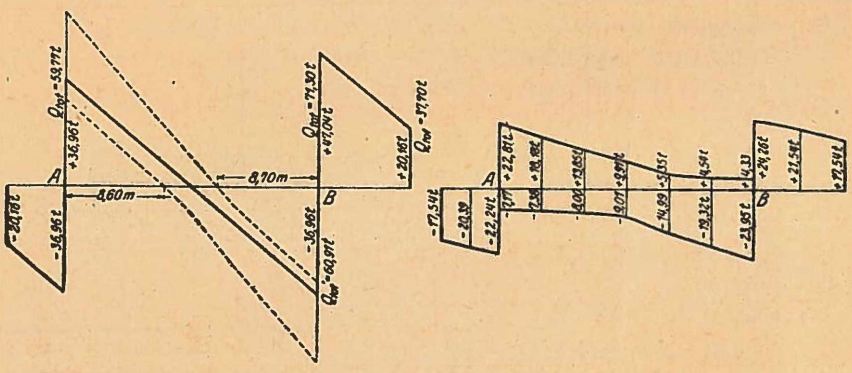
$$Q_k^B = Q_d^A = - 36{,}96 \text{ t}.$$

Dešinėje nuo atramos B:

$$Q_d^B = K_2 + g \cdot b = 20{,}16 + 3{,}36 \cdot 8{,}0 = + 47{,}04.$$

Nuo paslankaus krūvio skersinės jėgos gaunamos 442, h brėž. parodytų įtakinių linijų pagalba.

Piūvis dešinėje nuo atramos A:
$+ Q_{p\,max} = + [10{,}0 \cdot 1{,}0 + 7{,}1 \cdot 0{,}87 + 1{,}0\ (2{,}81 + 2{,}48 + 1{,}34)] = + 22{,}81$ t.
$- Q_{p\,max} = + [10{,}0 \cdot 0{,}364 + 7{,}1 \cdot 0{,}28 + 1{,}0 \cdot 1{,}54)] = - 7{,}17$ t.



444 a brėž.

444 b brėž.

Kitos panašiu būdu rastos skersinės jėgos parodytos 444 a ir b brėž.

c) Maksimalių atraminių reakcijų suradimas

Nuo savojo svorio:

Atrama A: $C_A = g \cdot \left(\frac{22}{2} + 5{,}0 + \frac{12}{2}\right) = 3{,}36 \cdot 22{,}0 = 73{,}92$ t.

Atrama B: $C_B = g\left(\frac{22}{2} + 8 + \frac{12}{2}\right) = 3{,}36 \cdot 25{,}0 = 84{,}00$ t.

Nuo paslankaus krūvio:

Atrama A (442 f brėž., ištisa linija)

$+ C_{A\,max} = + [10{,}0 \cdot 1{,}227 + 7{,}1 \cdot 1{,}11 + 1{,}0\ (2{,}92 + 2{,}96 + 2{,}76 + 2{,}78 + 1{,}62)] = + 33{,}20$ t.

$- C_{A\,max} = - [10{,}0 \cdot 0{,}364 + 7{,}1 \cdot 0{,}28 + 1{,}0 \cdot 1{,}54)] = - 7{,}17$ t.

Atrama B (442 f brėž., punktiras)

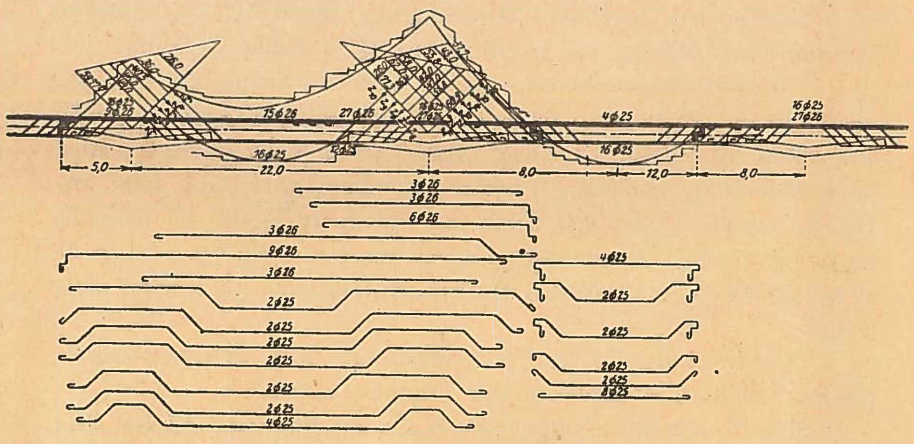
$+ C_{B\,max} = + [10{,}0 \cdot 1{,}364 + 7{,}1 \cdot 1{,}23 + 1{,}0\ (3{,}28 + 2{,}68 + 3{,}12 + 1{,}62 + 2{,}78 + 1{,}62)] = + 37{,}48$ t.

$- C_{B\,max} = - [10.0 \cdot 0{,}227 + 7{,}1 \cdot 0{,}18 + 1{,}0 \cdot 0{,}78)] = - 4{,}54$ t.

Maksimalios atramų reakcijos, kai balkis pilnai apkrautas:

Atrama A: $+ C_{max} = 73{,}92 + 33{,}20 = 107{,}12 \cong 107{,}5$ t.

Atrama B: $C_{max} = 84{,}00 + 37{,}48 = 121{,}48 \cong 121{,}5$ t.



445 brėž.

Taigi matome, kad nuo paslankaus krūvio balkio su abipusėmis konsolėmis viename tame pačiame piūvyje gaunami tiek neigiamieji, tiek teigiamieji momentai. Kabantieji balkiai veikia kaip paprasti, ant dviejų atramų ir gauna tik teigiamus momentus. 445 brėž. parodytos įražų diagramos, lenktų strypų paskirstymas ir bendras geležies armatūros padėjimas.

X brėžinių lape, 446 brėž. parodyta 1930 m. pastatyto Užpalių miestelyje per Šventosios upę tilto išilginis ir skersinis piūvis

ir fasadas. 3 angos: 15 + 18 + 15 m ir dvi krantinės konsolės po 6 m. Kabanti dalis: 10 m ilgio, guli ant konsolių po 4 m. Ilgos konsolės buvo reikalingos tam, kad gavus mažą konstrukcinį aukštį, kabantis balkis tik 1 m aukščio. Tiltas skerspiūvyje turi 4 balkius per 1,80 m vienas nuo kito, važiuojamosios dalies platumas — 5,20 m, šaligatviai po 1,00 m. Turėkliai gelžbetoniniai 15 cm storio, su tarpais kas 2 m. Atraminės dalys paprastos — švino ir geležies plokštelės. Statybos metu pasirodė, kad, dėl nepatikimo grunto, taurus reikia statyti ant polių.

Tame pat lape, 447, 447 a, b, c, d brėž. parodytas statomas per Šešupę ties Slabadais gelžbetoninis tiltas ant vieškelio. Jis yra Gerberio sistemos, angos 21 m + 25 m + 21 m. Kabantis balkis 17,50 m ilgio ir guli ant 3,75 m ilgio konsolių.

Kabantis balkis ir konsolės buvo parinktos tokio ilgio, kad gavus šarnyrų vietose kuo didesnį aukštį, be to, dar gaunami veik vienodi momentai virš atramų ir angų viduryje.

Skaičiavimo pagrindan buvo paimta: plentvolis 7 t. svorio, žmonių minia 400 kg/m²; to pilnai užtenka I rūšies vieškeliui.

Tilto perdengimo bendras plotis 5,70 m.; važiuojamosios dalies 5,20 m. Tiltas turi tik dvi išilgines sijas per 3,50 m. viena nuo kitos, konsolės po 1,10 m. Kas 3,50 m. sijos sujungtos stipriais skersiniais balkiais. Plokštė kryžminai armiruota, tatai apsimoka daryti dėl to, kad tiltas turi skerspiūvyje tik dvi išilgines sijas. Kryžminai armiruotos plokštės šonai turi 3,50 ir 3,50 m ilgio, vadinasi, ji kvadratinė, tad tokioms plokštėms tatai labai naudinga.

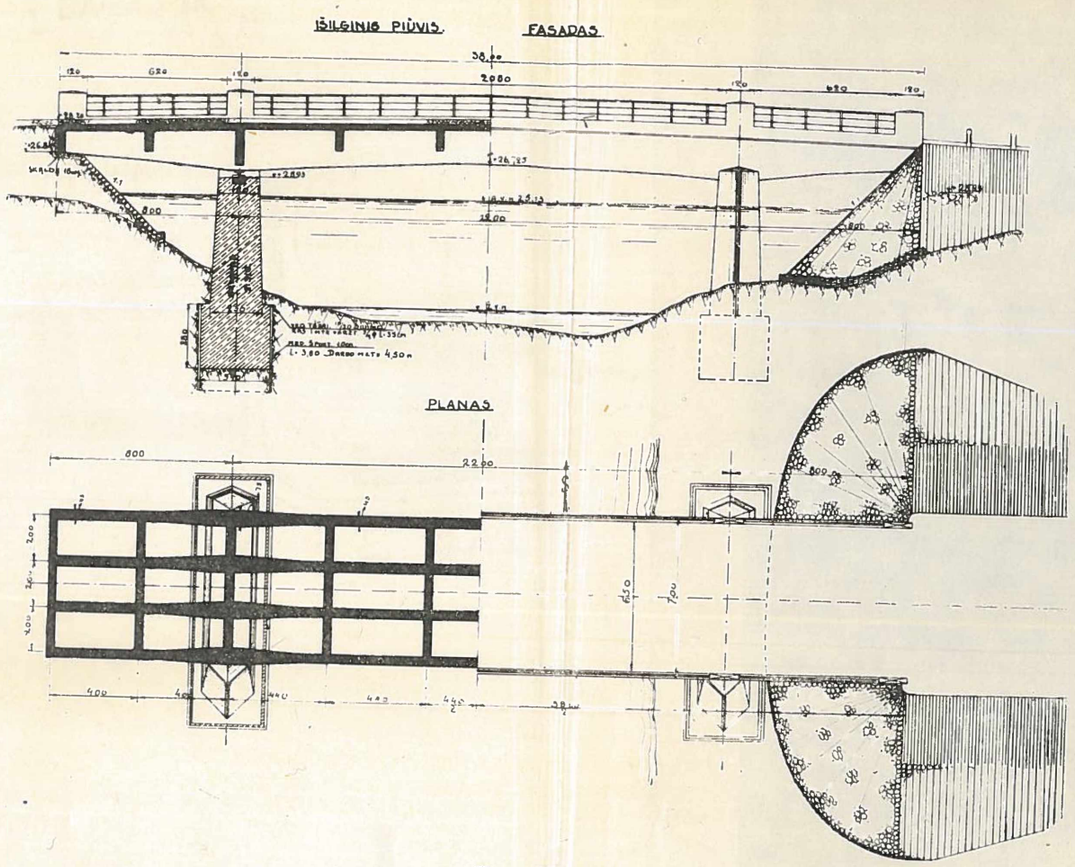
Plokštės storis 19 cm., ji apskaičiuota, kaip įtvirtinta skersiniuose balkiuose ir laisvai gulinti išilginėse sijose.

Plokštės armatūra išilgai tilto 8 apvaliu strypų po 12 mm diametro vienam ties. m., o skersai tilto — 9 apv. strypų 12 mm. Konsolinė plokštė turi išlaikyti neigiamąjį momentą 2790 kgm ir turi viršutinėje zonoje 9 apvalius strypus 12 mm. diametro.

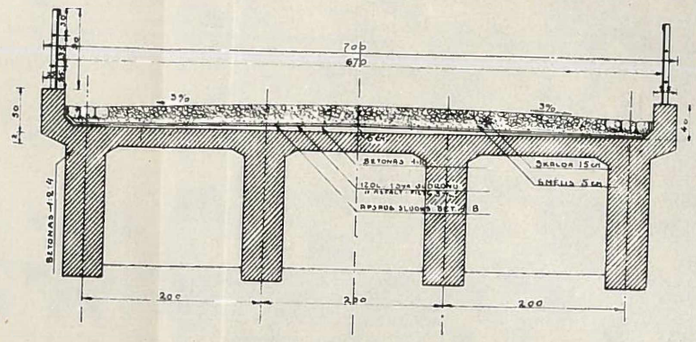
Skersiniai balkiai turi išlaikyti plokštės apkrovimą, ir, be to, duoti svarbiosioms sijoms pakankamą standumą. Jų aukštis 83 cm., plotis 30 cm.; armatūros padėta 5 apv. strypai apačioje ir 3 apv. strypai 25 mm diametro viršuje. Kiekviena išilginė sija turi išlaikyti be paslankaus krūvio — dar savąjį svorį g = 4,93 t/m.

Kraštinių angų didžiausis momentas 255,50 tm, pakabinto balkio $M_{max} = 245,7$ tm, o virš atramos neigiamas momentas —

PROJEKTUOJAMAS AŠVOS TILTAS

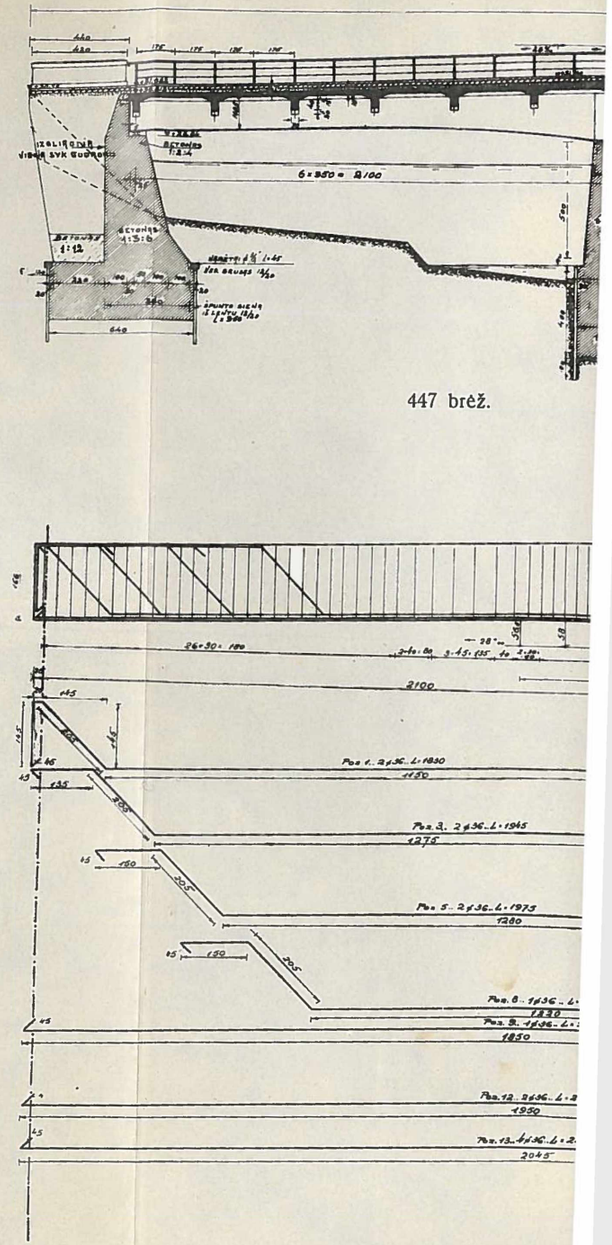


424 ir 425 brėž



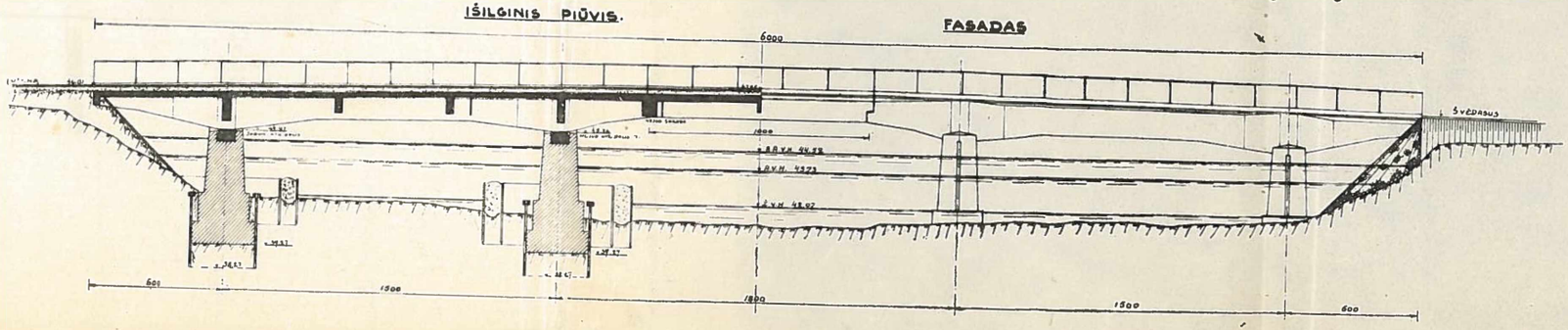
426 bzėž.

SLABA

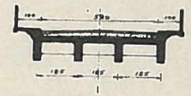


447 brėž.

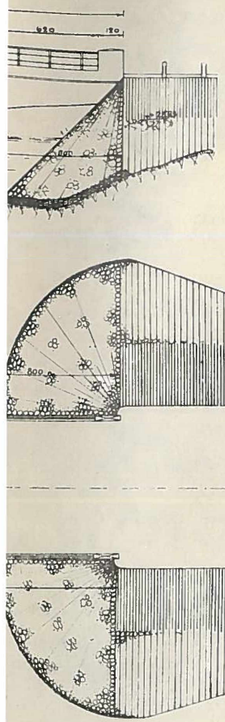
UŽPALIŲ TILTAS PER ŠVENTĄJĄ

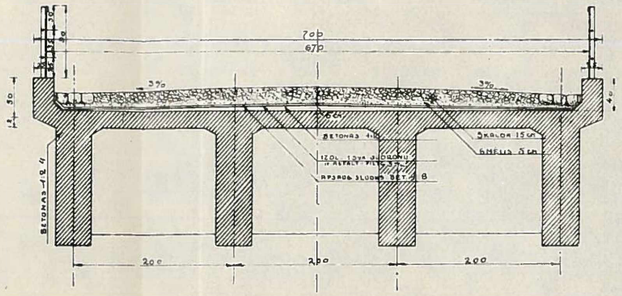


446 brėž.



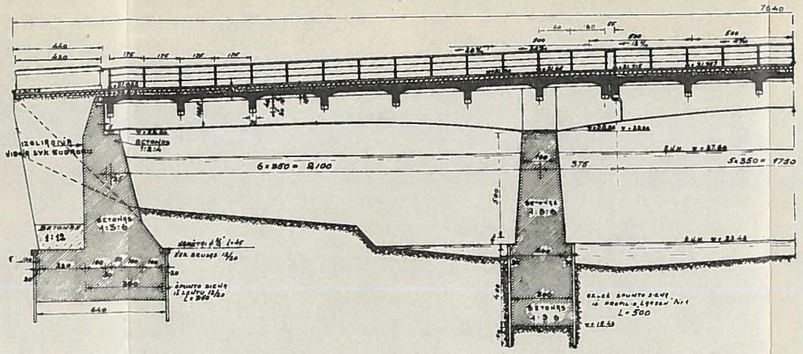
JAMAS AŠVOS TILTAS



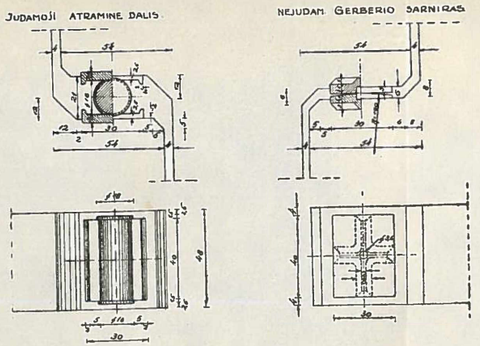


426 bžėž.

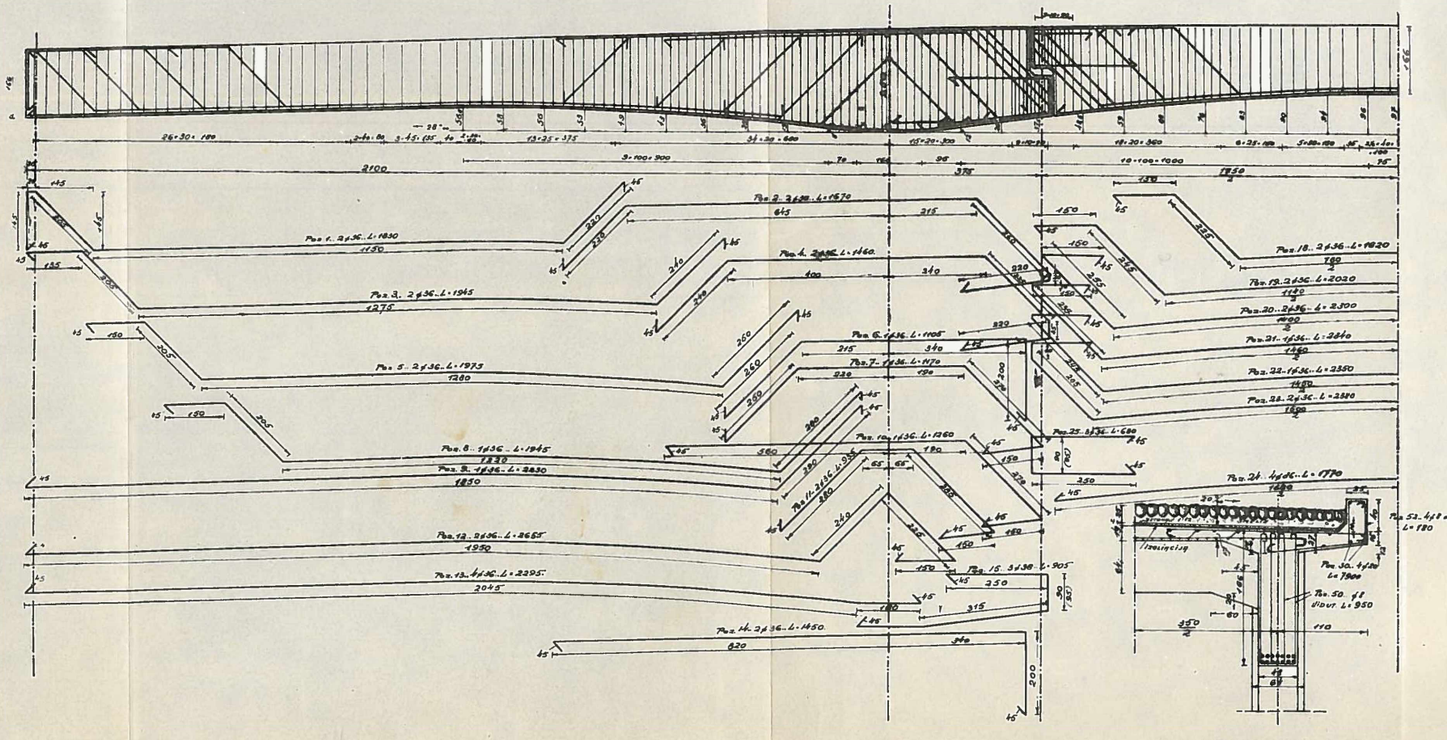
SLABADŲ TILTAS PER ŠEŠUPĘ



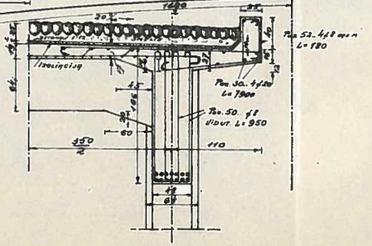
447 brėž.



447 a ir b brėž.

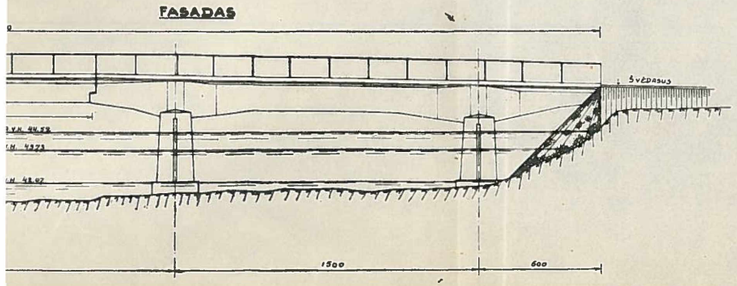


447 e brėž.



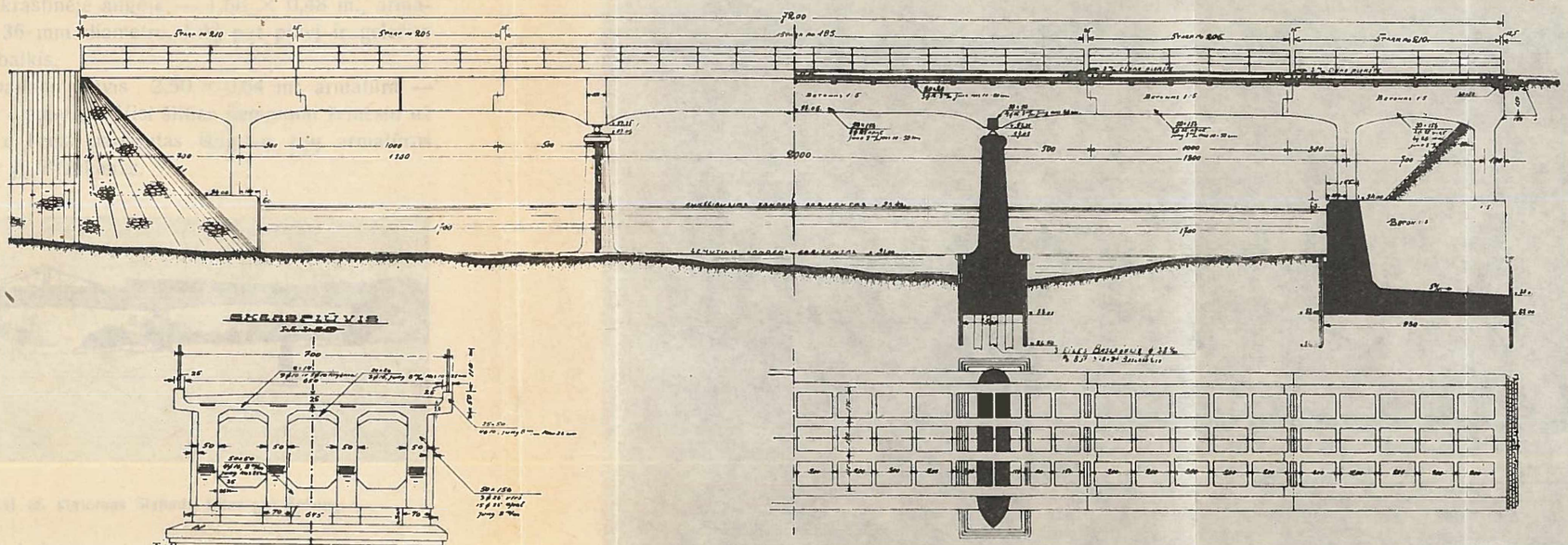
447 d brėž.

LTAS PER ŠVENTĄJĄ

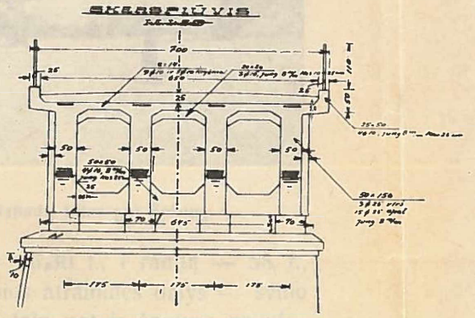


446 brėž.

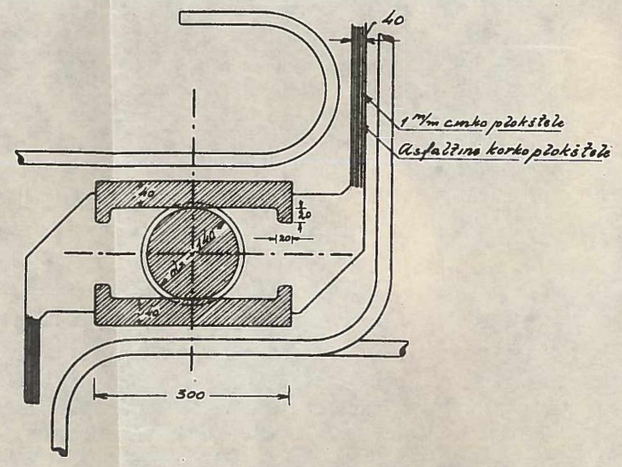
STREVOS TILTAS



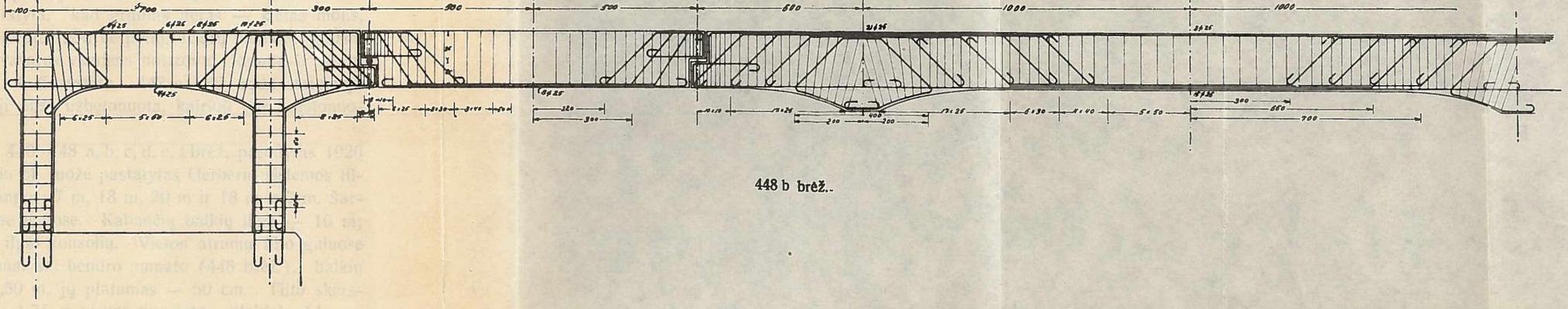
448 brėž.



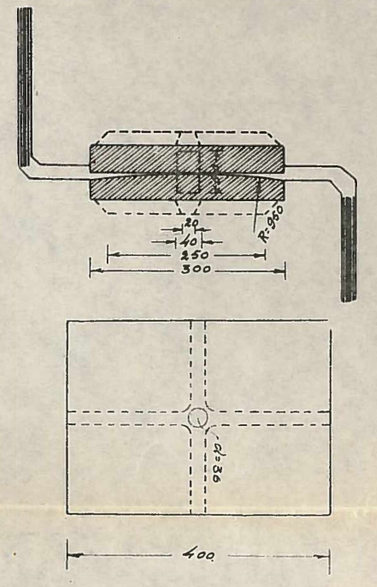
448 a brėž.



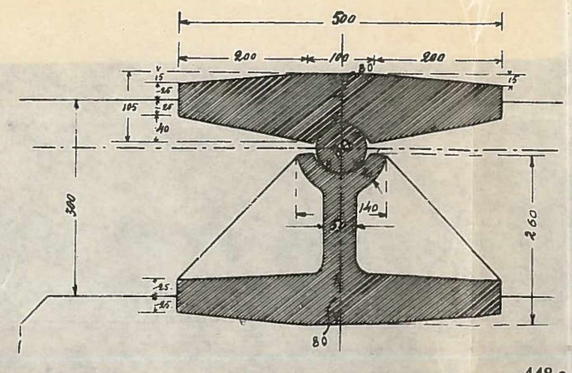
448 e brėž.



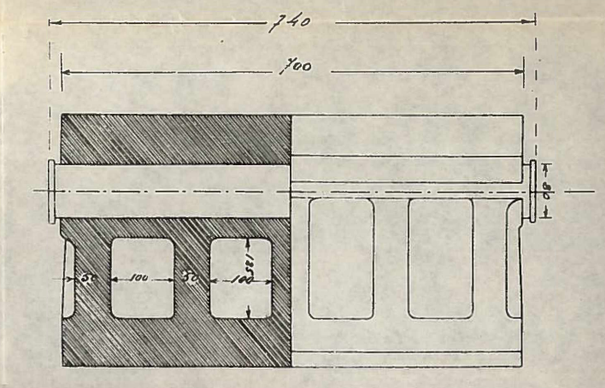
448 b brėž.

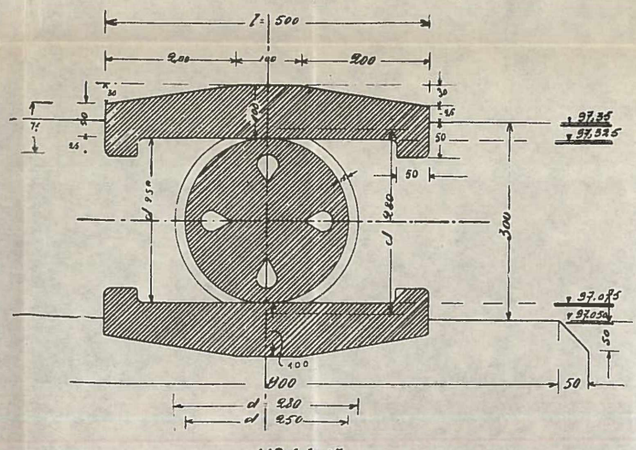


448 f brėž.



448 c brėž.

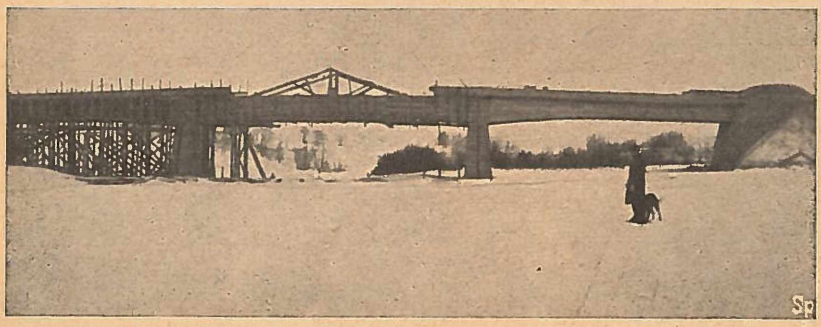




448 d brėž.

260,00 t. Iš to matyti, kad momentas mažai kuo tarp savęs skiriasi. Balkių aukštis kraštinėje angoje — 1,66 × 0,48 m., armatūros 14 apv. strypų 36 mm diametro, tokį pat piūvį ir geležies kiekį turi pakabintas balkis.

Virš atramos balkio piūvis 2,50 × 0,64 m; armatūra — 11 apv. strypų 36 mm diametro. Visi šlities įtempimai žemesni už leidžiamuosius. 447 c brėž. parodytas išilginių sijų armatūros strypų paskirstymas ir jų išlenkimas.



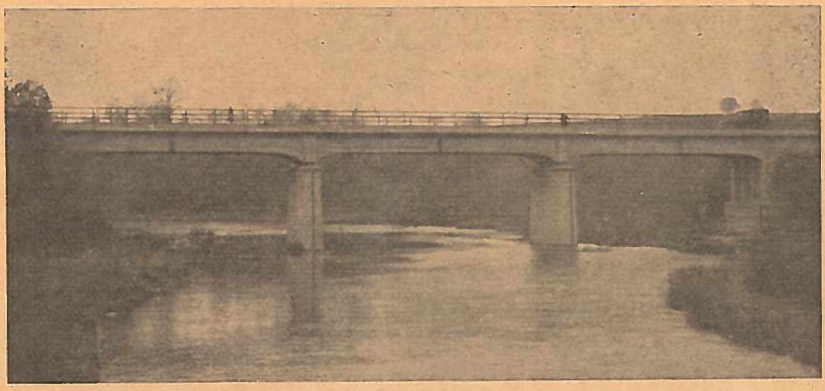
447 e brėž. 1931 m. statomas Slabadų tiltas per Šešupę.

Atraminė reakcija į šarnyrus — 56,30 t., į ramtą — 58 t., į taurą 170 t. Ant ramtų nejudamosios atraminės dalys — švino plokštė, judomosios atraminės dalys, taip pat ir šarnyro nejudamosios — plieninės, paritai — 16 cm diametro ir 40 cm ilgio (447 a brėž.). 447 b brėž. parodytas Gerberio nejudamasis šarnyras.

Tyrinėjimais nustatyta, kad gruntas geras — kietas molis, tad ramtai ir taurai suprojektuoti be polių. Taurų pamatai 4,00 m. gilumo, skaitant nuo vasaros vandens horizonto. Ramtai ir taurai užbetonuoti betonu 1 : 3 : 6 sąstato. 447 e brėž. rodo statomojo tilto išvaizdą, dešinioji pusė užbetonuota, kairioji dar tebetonuojama.

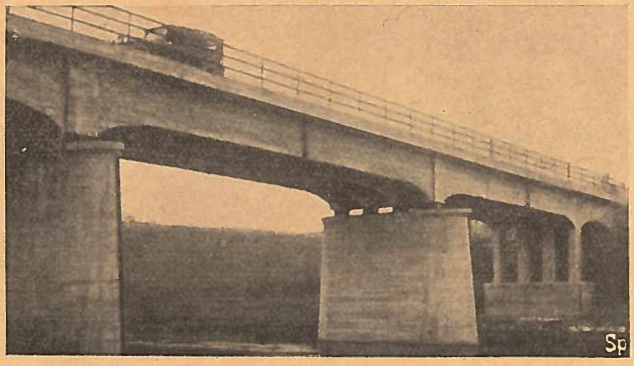
XI brėžinių lape, 448, 448 a, b, c, d, e, f brėž. parodytas 1926 m Rumšiškių - Kruonio pl. ruože pastatytas Gerberio sistemos tiltas per Strėvos upę. Angos: 7 m, 18 m, 20 m ir 18 m ir 7 m. Šarnyrai įstatyti kraštinėse angose. Kabančių balkių ilgis — 10 m; jie guli ant 3 ir 5 m ilgio konsolių. Vieton atramų tilto galuose pastatyti 7 m ilgio rėmai ant bendro pamato (448 brėž.), balkių aukštis viduryje — 1,50 m, jų platumas — 50 cm. Tilto skerspiūvis — 4 balkiai per 1,75 m vienas nuo kito, plokštė 14 cm

storio (448 a brėž.). 448 b brėž. parodyta svarbiųjų balkių ir rėmų armatūra. Kabantis balkis turi apačioje 8 strypus 25 mm, balkis su abipusėmis konsolėmis apačioje turi — 16 strypų 25 mm, viršuje 2 str. 25 mm, virš atramų 21 str. 25



419 brėž. Strėvos tiltas.

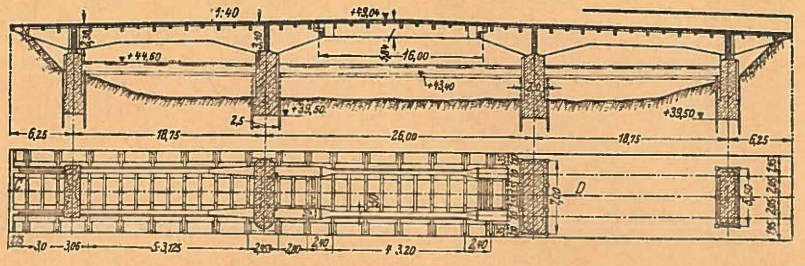
mm armatūrą. Rėminė sija turi apačioje 7 str. 25 mm, viršuje — 8 str. 25 mm. 448 c brėž. parodyta nejudomoji atraminė dalis, 448 d brėž. — judomoji atraminė dalis, paritas 25 cm. diametro, 448 e brėž. — judomasis šarnyras, paritas 14 cm, 448 f



450 brėž. Strėvos tiltas.

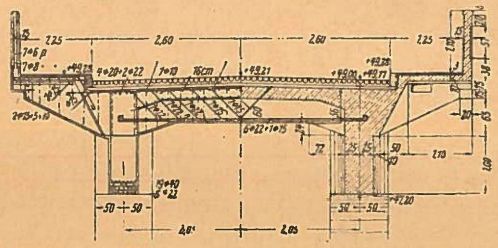
brėž. — nejudomasis šarnyras; visa medžiaga iš aukštos kokybės plieno. Atramos buvo numatytos ant polių, bet dėl akmenuoto grunto jie nebuvo kalami. 449 ir 450 brėž. parodytas šio tilto vaizdas.

451 brėž. parodytas netoli Berlino per Špree upę pastatytas tiltas; tai yra moderniškas Gerberio sistemos tiltas. Angos 18,75 + 20,60 + 18,75 m. Kraštinėms angoms palengvinti, til-



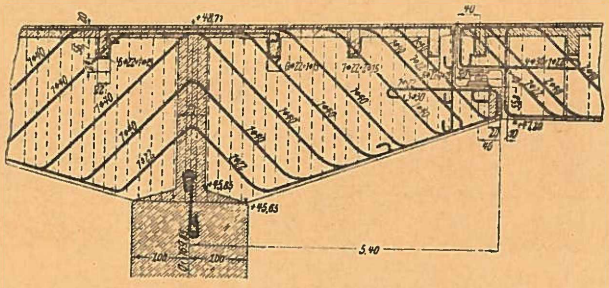
451 brėž.

to galuose įtaisytos 6,25 m ilgio konsolės. Pakabintas balkis — 16 m ilgio; jis guli ant dviejų 5 m ilgio konsolių. Kraštutinių sijų



451 a brėž.

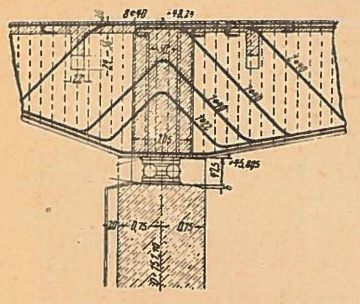
aukštis — 1,80 m, vadinasi, $^1/_{10}$ angos, pakabinto balkio aukštis 1,84 m, vadinasi, $^1/_{14}$ angos. Balkių aukščiai virš atramų 2,28 m



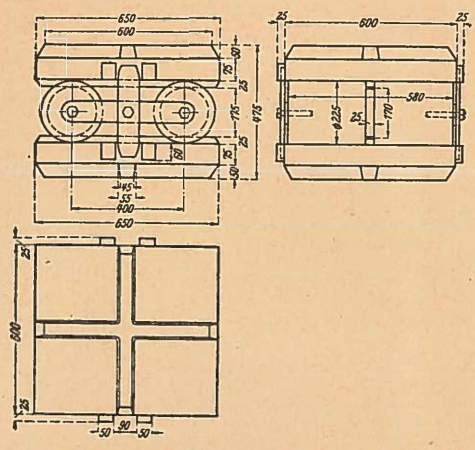
451 b brėž.

ir 3,10 m, be to, kad geriau priimtų neigiamus momentus, balkių platumas padidintas iš 50 cm į 1,0 m. Tilto piūvis turi tik dvi

svarbiasias sijas per 4,1 m viena nuo kitos, važiuojamosios dalies platumas 5,2 m, du šaligatviai po 1,25 m platumo (451 a brėž.). Šaligatvių plokštė guli ant atskirų konsolių. 451 a, b, c brėž. parodyta tilto armatūra. 451 d brėž. parodyta judomoji

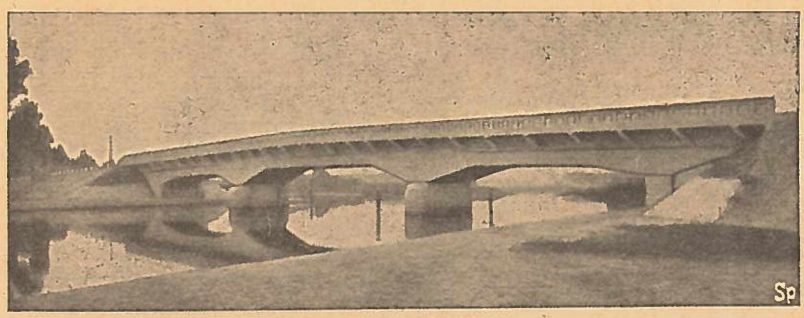


451 c brėž.



451 d brėž.

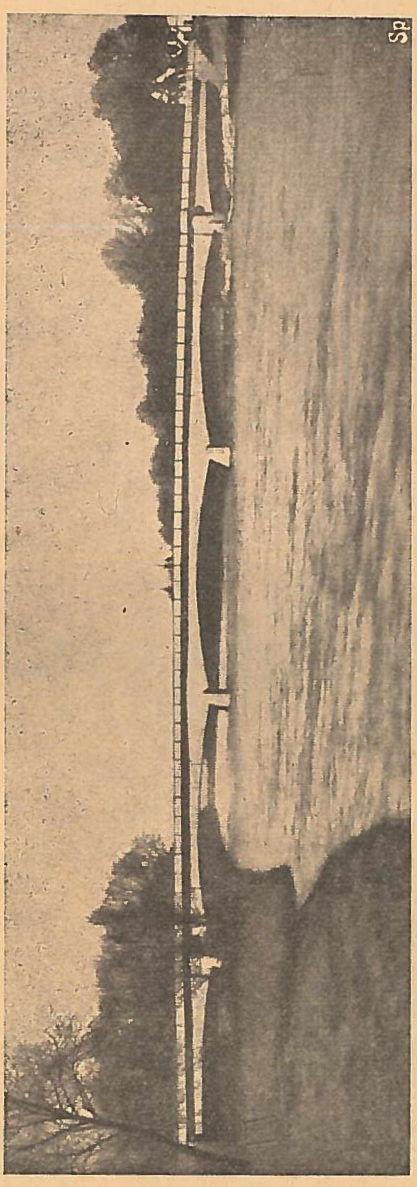
tauro atraminė dalis — du 175 mm diametro paritai; šarnyrų judomoji atraminė dalis taip pat susideda iš dviejų paritų po 9 cm diam. 452 brėž. parodytas bendras šio tilto vaizdas.



452 brėž. Tiltas per Spree netoli Berlyno.

XII brėžinių lape 454—466 brėž., 453 brėž. tekste atvaizduotas gražus Dillingen tiltas, pastatytas per Dunojaus upę 1924 metais. Tilto bendras ilgis tarp atramų — 160 m. Trys vidurinės angos turi po 36,8 m ilgio, kraštutinės angos po 24,8 m (454 brėž.). Dil-

lingen tiltas yra vienas iš žymiausių gelžbetoninių balkinių tiltų, nes jis skiriasi ypatingai didelėmis angomis ir tikslia konstrukcija. Ištyrus gruntą, buvo nutarta vieton arkinio tilto, kad gavus vertikalius atraminius spaudimus, statyti Gerberio sistemos tiltą. Pamatai pastatyti dalinai ant polių, pamatų gilumas upėje — 5,75 m nuo žemiausio vandens horizonto, kotlovanai iškasti tarp dvigubų geležinio špunto sienelių.



453 brėž. Dillingen tiltas per Dunojaus upę.

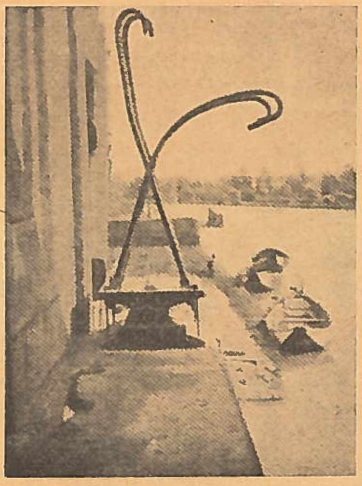
Tilto perdengimas, dėl jo didelių angų (veik 37 m) ir ryšy su tuo didelių balkių aukščių, reikalavo ypatingai stropios konstrukcijos ir darbo atlikimo. Tilto skerspiūvis — du balkiai per 5,50 m vienas nuo kito ir 1,47 m konsolės (457 brėž.). Važiuojamosios dalies platumas — 5,50 m, šaligatviai po 1,25 m, bendras platumas 8,00 m. Pakabintų balkių ilgis 18,00 m; jie guli ant 9,40 m ilgio konsolių. Sijų piūvis angos viduryje — 60 × 194 cm, o virš atramos 120×384 cm. Dideli neigiamieji momentai reikalavo sijų praplatinimo nuo 60 ligi 120 cm. Abu svarbieji balkiai 3 — 4 m atstume surišti tarp savęs skersiniais balkiais; tarp pastarųjų, išilgai tilto, padėta 38 cm storumo vidu-

ryje ir 30 cm storumo prie balkių gelžbetoninė plokštė (457 brėž.). Nuo savojo svorio ir paslankaus krūvio tilto vidurinėje angoje gautas teigiamasis momentas 200 + 549 = 749 tm, neigiamasis + 200 — 454 = — 254 tm, atraminis momentas — 1480 — — 452 = — 1932 tm. Šiems ypatingai dideliems momentams atitinka labai tvirta armatūra (455 ir 456 brėž.).

Virš atramos armatūra susideda iš 14 str. 40 mm ir 18 str. 45 mm (462 cm², 458 brėž) balkių viduryje:apačioje 4 str. 40 mm ir 16 str. 45 mm (305 cm), viršuje 8 str. 45 mm (127 cm² 459 brėž.). Statybai vartojamų armatūros strypų ilgis buvo iki 27 m. Strypai sudurti lenkimuose. Skeliamieji įtempimai ligi 11,1 kg/cm². Vilktys 16 mm diam. ir 4 piūvių, prie atramų — 6 piūvių (459 brėž.). Atstumas tarp vilkčių 30 — 35 cm. Tokios vilktys gali priimti, pav. vidurinėje angoje:

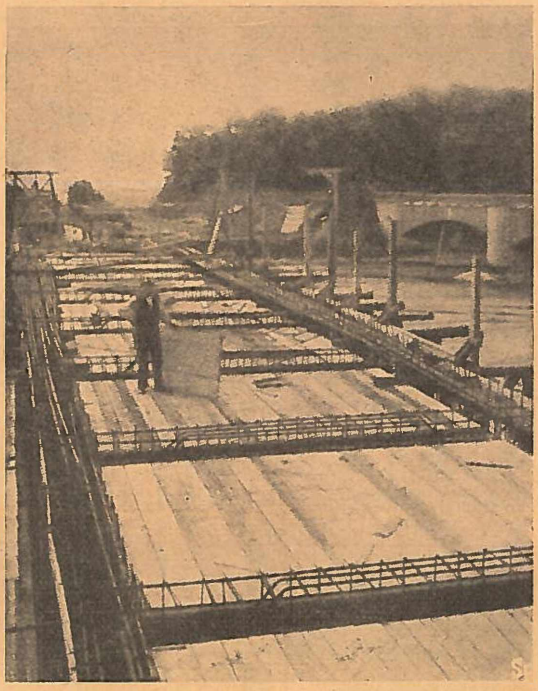
$$\tau_{0B} = \frac{f_e \sigma_e}{e \cdot b_0} = \frac{4 \cdot 2{,}01 \cdot 1200}{35 \cdot 60} = 4{,}6 \text{ kg/cm}^2$$

Pakabintų balkių atraminė reakcija lygsta 133 t. 469 brėž. parodyta šarnyrų armatura. Įstriža tempiamoji jėga priimama 3 str. 45 mm ir 2 str. 40 mm. Pakabintų balkių judomosios atraminės dalys plieninės, kitų balkių — gelžbetoninės svyruojančios pėdžios. 461 brėž. parodyta tokia svyruojanti pėdžia: aukštis 1,60 m, piūvis — 1,90×80 cm². Kiekvieno balkio atraminė reakcija — 490 t. Pėdžių betono sudėtis — 1:3. Pėdžių viršuje ir apačioje padėtos 2 cm storumo švino plokštės; jų spaudimas — 103 kg/cm². Tarp ramtų ir pėdžių yra dar gelžbetoninės paduškos kurios apkrauna ramto betoną δ_b = 18,5 kg/cm². Svyruojančios pėdžios paslėptos tauruose. 462 brėž. parodytas Gerberio nejudomasis šarnyras, 463 brėž. — judomasis šarnyras. Nejudomasis šarnyras turi 80 × 25 cm plotą, betono spaudimas — 67 kg/cm², be to, šarnyruose padėta geležies armatūra, kuri,



464 brėž.

prie aukšto geležies įtempimo $\sigma_e = 1800$ kg/cm², gali išlaikyti visą atraminį spaudimą. Judomasis šarnyras suprojektuotas tokiu būdu, kad užimtų kuo mažiau vietos. 464 brėž. atvaizduotas judomasis šarnyras, 465 brėž. — skersinių ir išilginių balkių



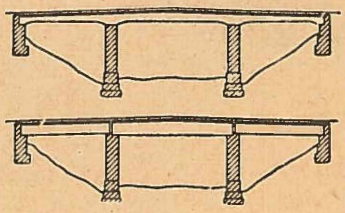
465 brėž.

armatūra. 466 brėž. parodyti tilto klojiniai ir pastoliai išilginiame ir skersiniame piūvyje. Klojinių apkrovimas — apie 10 tm. Visos detalės matomos iš brėžinių. Šiam tiltui pastatyti suvartota 1700 m³ plūktojo betono, 1500 m³ gelžbetonio, 800 t cemento ir 245 t armatūros.

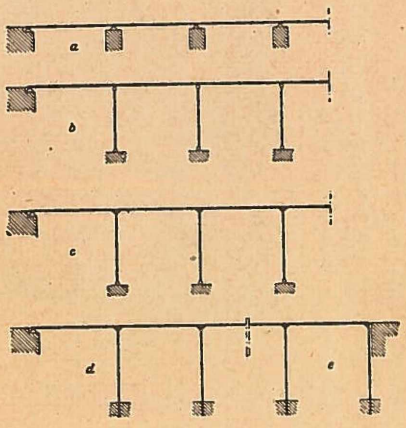
XIII brėžinių lape, 467 — 470 brėž., parodytas išilginiame ir skersiniame piūvyje ir plane nedidelis Riterburge, Vokietijoj, pastatytas tiltas; jo konstrukcija žymiai skiriasi nuo priimtųjų tipų. Angos 7,80 m + 10,00 m + 7,80 m. Tiltas turi visur moderniškos statybos požymius: Gerberio šarnyrus, vieton taurų svyruojančias sienas ir konsolių pavidalo sparnus. Važiuojamosios dalies platumas — 4,70 m, šaligatvių nėra; plokštė guli ant trijų bal-

kių. Balkių aukštis virš atramos 1,03 m, balkių viduryje — 63 ir 64,6 cm. Svyruojančios sienos 3,28 m aukščio, turi 50 cm platumą ir stovi ant gelžbetoninių padušky. Kiekviena svyruojanti siena viršuje ir apačioje turi švino plokšteles. 471 — 475 brėž. parodyta plokštės, svarbiųjų balkių, skersinių balkių ir sparnų armatūra, strypų užlenkimas, jų paskirstymas, momentų linijos ir kt. 476 brėž. parodyta pavyzdinga Gerberio šarnyro armatūra, kai balkio aukšis tik 61,6 cm. 477 grėž. parodyta svyruojančios sienos padas ramte, o 478 brėž. — taure. Gniužimą priima 12 mm storumo švino plokštė, horizontales žemės spaudimo jėgas — kryžminės geležys.

Kai geras gruntas, sėkmingai vartojami *ištisi nekarpyti balkiai* ant kelių atramų. Palyginti su paprastais balkiais, gaunama žymi medžiagos ekonomija (479 brėž.). Šiuo atsitikimu teigiamieji momentai angos viduryje žymiai mažesni (maždaug apie 20%), negu karpytų balkių, tad užtenka mažesnio aukščio ir, be to, įlinkiai daug mažesni.



479 brėž.



480 a—d brėž.

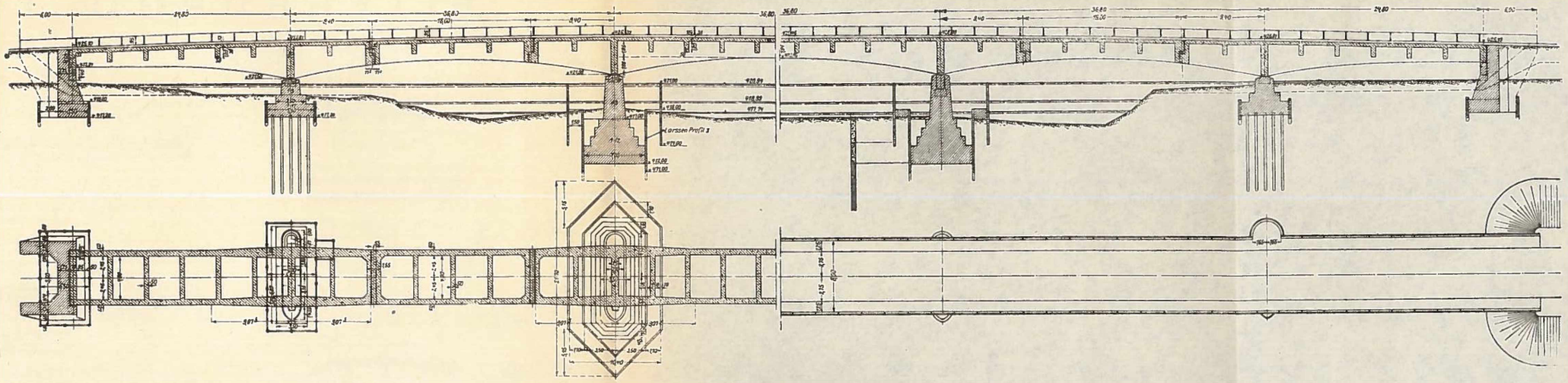
Nekarpytiems balkiams reikia duoti tvirtą ir patikimą pamatą, nes mažiausias atramų aukščio pakeitimas turi neigiamos įtakos į visą konstrukciją. Visada reikia statyti taurų pamatų dugną kuo giliau arba ant polių, kad išvengus paplovimo.

Kadangi taurai gauna tik vieną atraminę dalį, tai jie esti plonesni ir dėl to palengvinamos vandens praleidimo sąlygos. Į nekarpytas sijas kenksmingai veikia taurų nevienodas nusėdimas, oro temperatūros svyravimas; sunku iš karto užbetonuoti visą konstrukciją, reikalingas sudėtingesnis statiškas skaičiavimas.

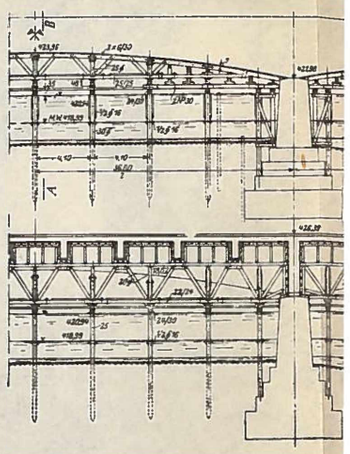
Pagal statišką veikimą nekarpyti balkiai taip skirstomi:

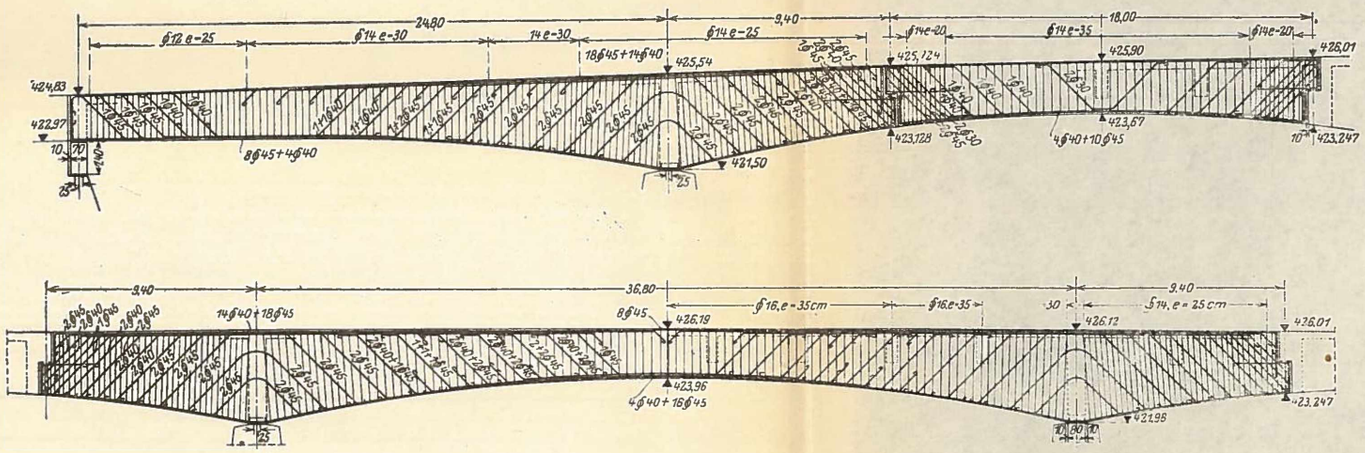
1) laisvai — judamai paremti; parėmimas gali būti ant tvir-

DILLINGEN TILTAS PER DUNOJAUS UPI

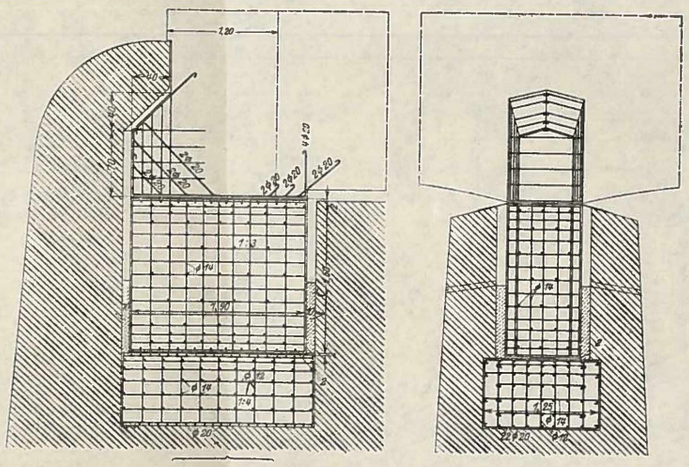


454 brėž.

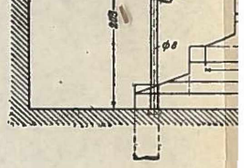


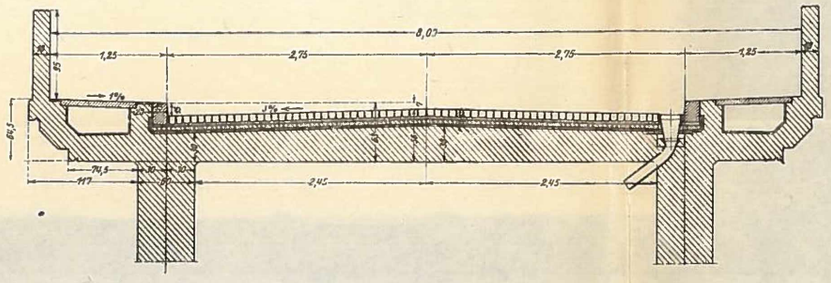


455 ir 456 brėž.

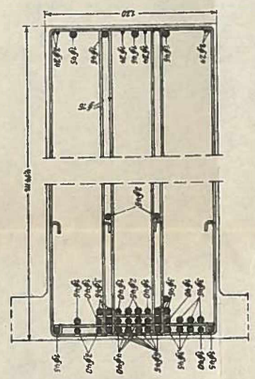


461 brėž.

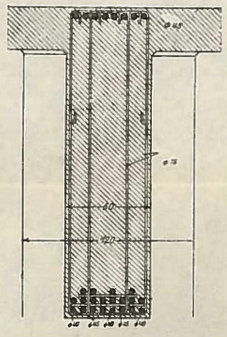




457 brėž.

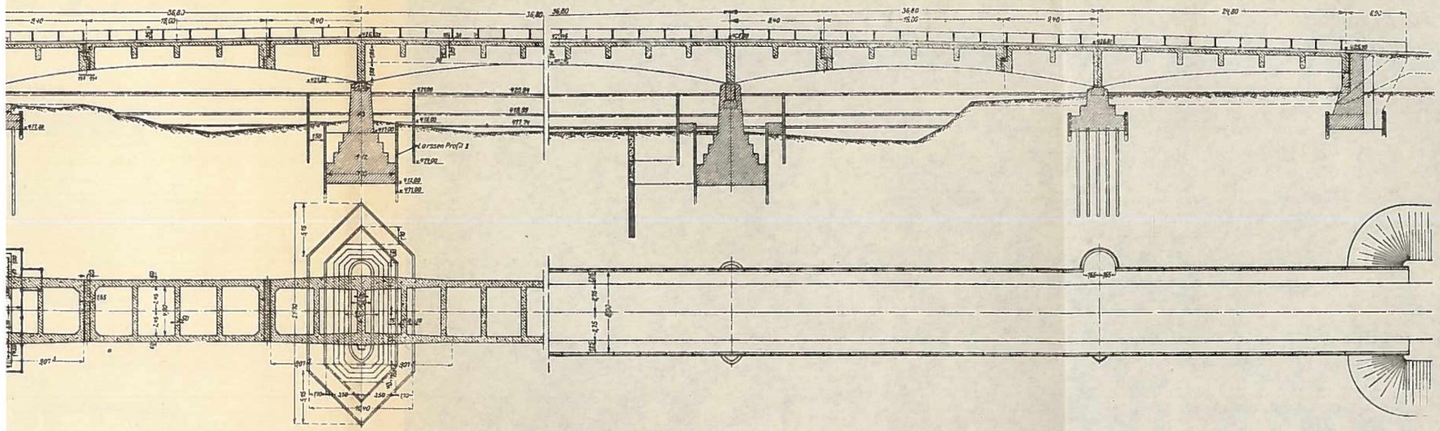


458 brėž.

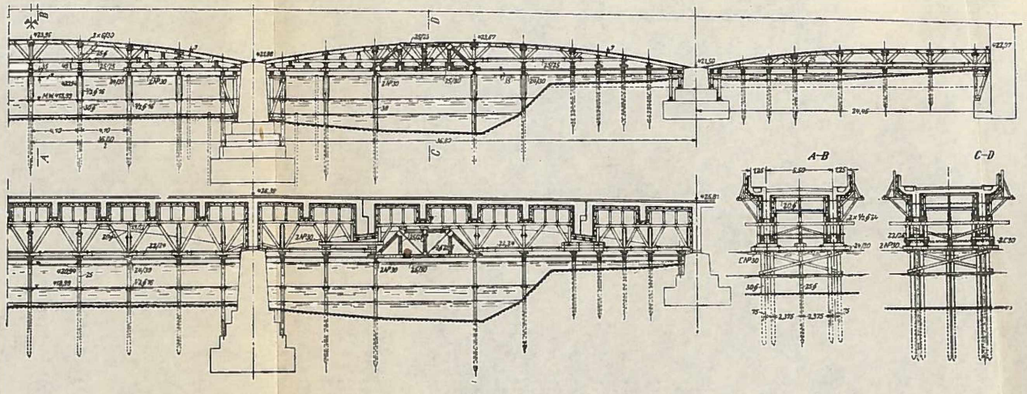


459 brėž.

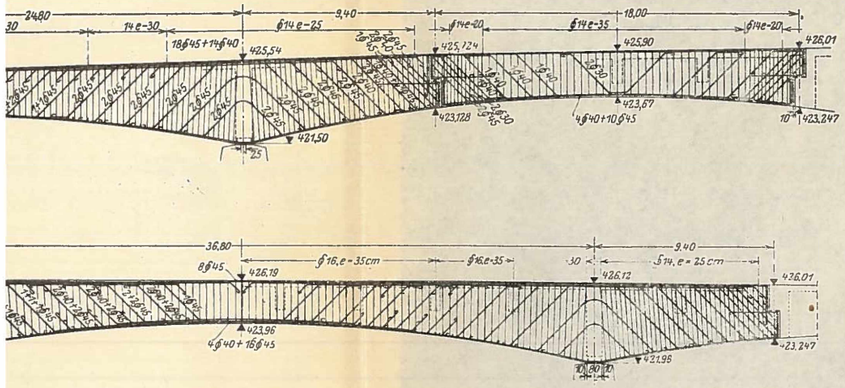
DILLINGEN TILTAS PER DUNOJAUS UPĘ



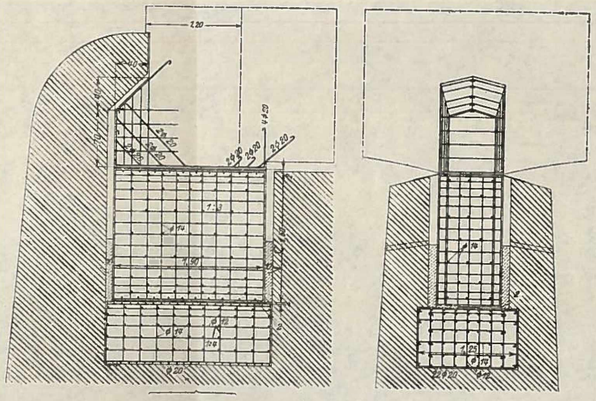
454 brėž.



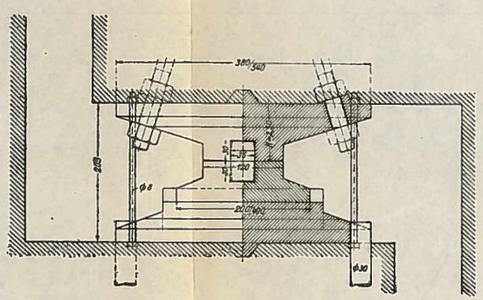
466 brėž.



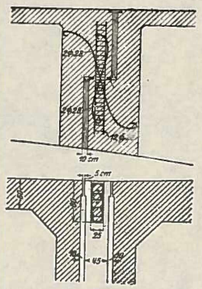
455 ir 456 brėž.



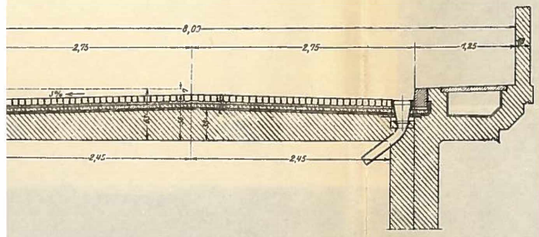
461 brėž.



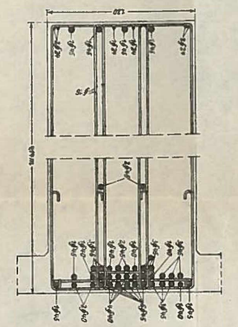
463 brėž.



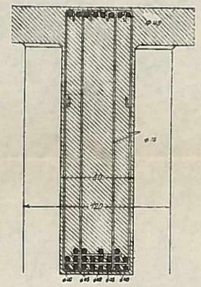
462 brėž.



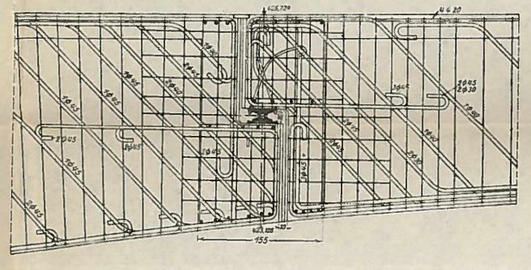
457 brėž.



458 brėž.

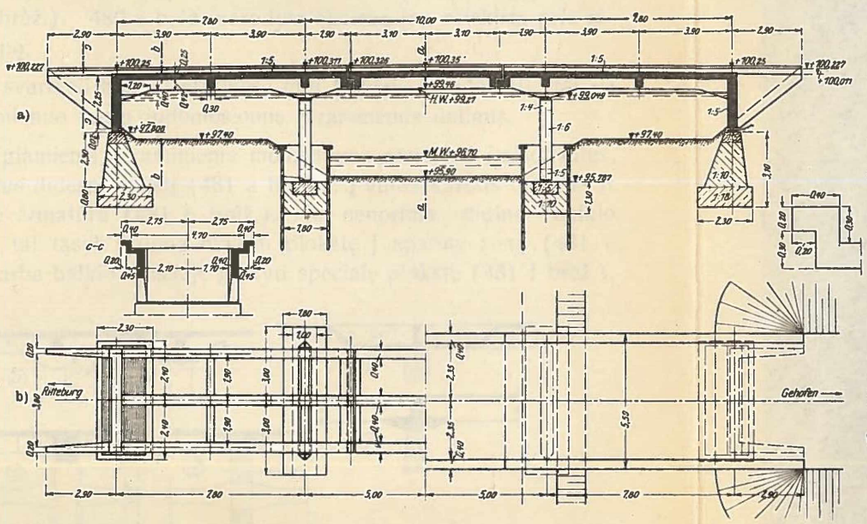


459 brėž.

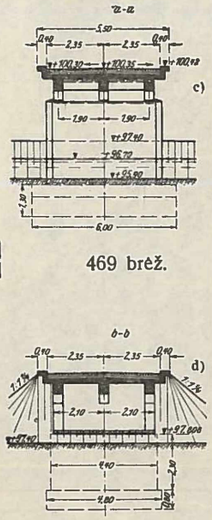


460 brėž.

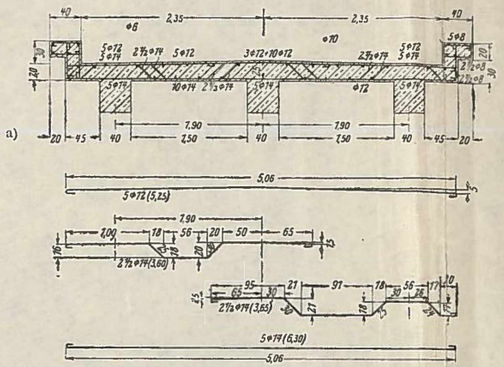
RITERBURGO TILTAS



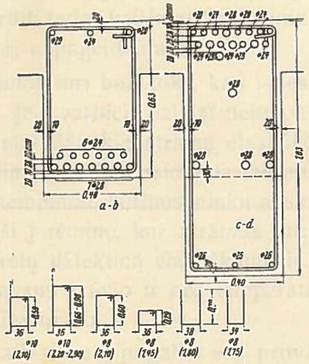
viršuj 467 brėž. 468 brėž.



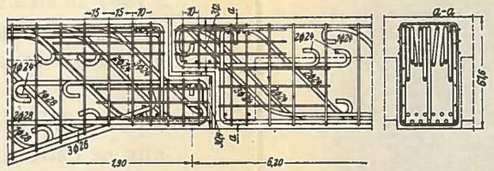
469 brėž. 470 brėž.



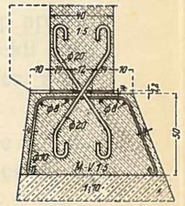
471 brėž.



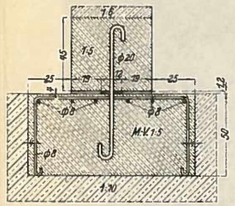
475 brėž.



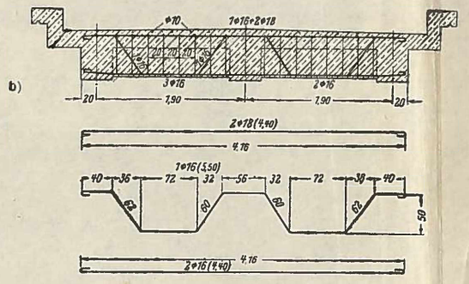
476 brėž.



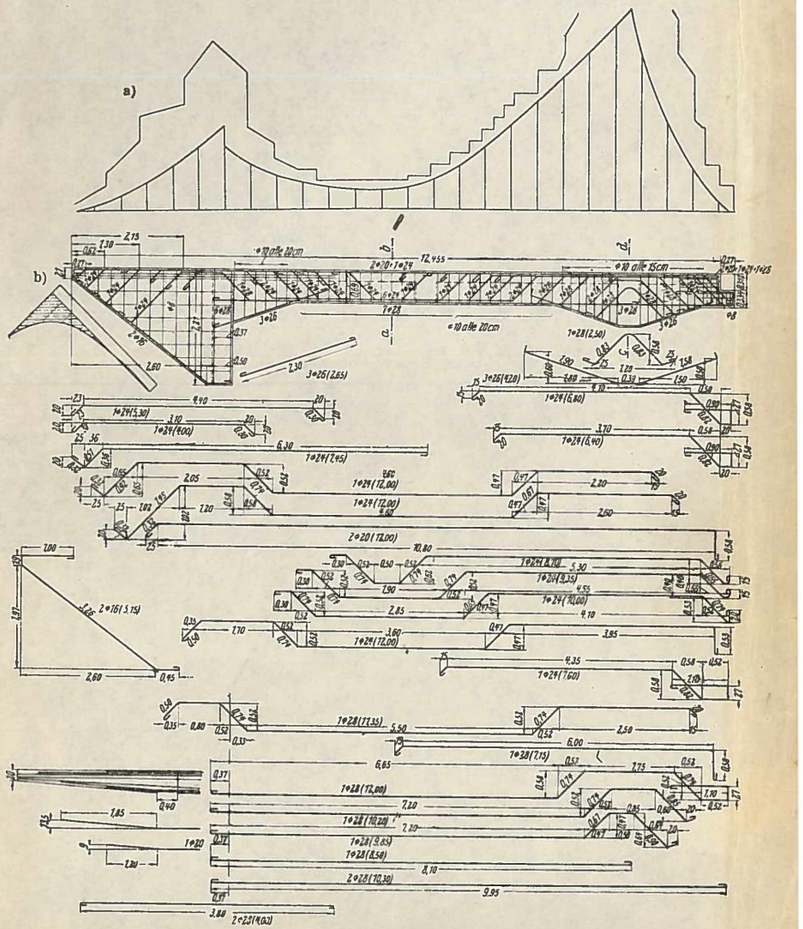
477 brėž.



478 brėž.



472 brėž.



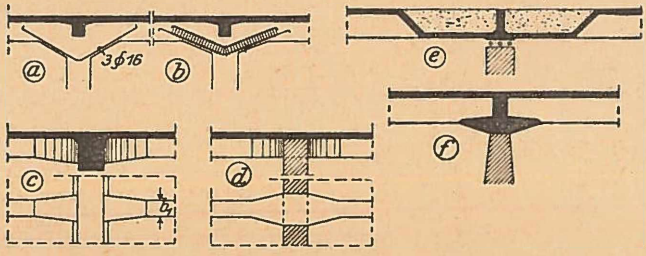
viršuj 473 brėž. 474 brėž.

tų atramų (480 a brėž.) arba ant svyruojančių pėdžių (480 b brėž.),

2) nejudomai — tvirtai paremti; paramos gali būti pastatytos apačioje ant šarnyrų (480 c brėž.) arba įtvirtintos į pamatus (480 d brėž.). 480 e brėž. parodyta sistema jau priskirta prie rėminių tipų.

Jei svarbieji balkiai atramose guli laisvai — judomai, tai jie atskiriami nuo taurų judomosiomis atraminėmis dalimis.

Neigiamiems atraminiems momentams atsispirti įtaiso vutus, kad gavus didesnį aukštį (481 a brėž.); į vutus kartais dedama ir spiralinė armatūra (481 b brėž.). Jei nenorima didinti balkio aukščio, tai tąsyk galima nuvesti plokštę į apatinę zoną (481 e brėž.); arba balkio apačioje įtaisyti specialę plokštę (481 f brėž.).



481 a—f brėž.

Tokių rezultatų galima pasiekti ir pastorinus plane balkius (481 c, 481 d brėž.). Tačiau šios priemonės pabrangina tilto konstrukciją ir jas reikia vartoti tada, kai konstruktyviniu ar architektūriniu atžvilgiu aukšti vutai nepageidaujami.

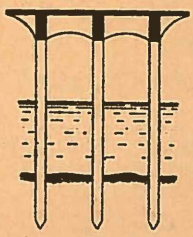
Balkių atsirėmimas turi būti toks, kad ištiesimai vyktų be papildomų įtempimų. Jei svarbieji balkiai nejudomai surišti su atramomis, tai jų įlinkimai iššaukia atramų elastiškos formos pakeitimus. Tada didelė įlinkio dalis persiduoda taurams ir gaunami balkiuose ir atramose įtempimai, kuriuos sunku apskaičiuoti. Konstrukcija gaunama panaši į rėminę, kur atramos turi būti taip apskaičiuotos, kad jos turėtų užtektiną elastiškumą ir galėtų sekti visus judėsius nuo paslankaus krūvio ir oro temperatūros įtakos, negavus kenksmingųjų įtempimų.

Kai svarbieji balkiai vutų pagalba esti pritvirtinti prie atramų, tai atramos gali gauti sukimą. Kai atramos palyginti plonos, va-

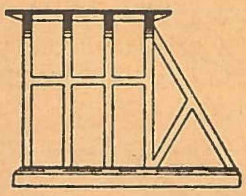
dinasi, gali elastiškai suktis, tąsyk galima balkius apytikriai apskaičiuoti kaip nekarpytą, laisvai ant atramų gulinti balkį.

Reikia priimti dėmesin, kad, tokiu būdu skaičiuojant, teigiamieji momentai gaunami didesni, o neigiamieji mažesni. Dėl to tokiais atsitikimais reikia statyti lankstesnes ir ne didesnio kaip reikalauja atraminė reakcija, piūvio atramas. Kai atramos stiprios ir žemos, o angos didelės, tada reikia priimti dėmesin ir elastišką svarbiųjų balkių įtvirtinimą; laisvo parėmimo tąsyk jau nėra.

Šioms konstrukcijoms atramos gali būti pastatytos ir iš atskirų statramsčių, arba tiesiog ant polių, kurių galai priimami kaip



482 brėž.



483 brėž.

įtvirtinti grunte (482 brėž.). Kur dėl ledų ėjimo esti pavojaus, ten statomos dar lytlaužos (483 brėž.). Bendrai, šios konstrukcijos atramos retai vartojamos.

Nustatant ir dedant geležies armatūrą, reikia žiūrėti momento dydžio ir jo ženklo. Žiūrint neigiamųjų atraminių momentų veikimo, daromas balkių praplatinimas ar paaukštinimas ir dedama gniūžiamoji armatūra.

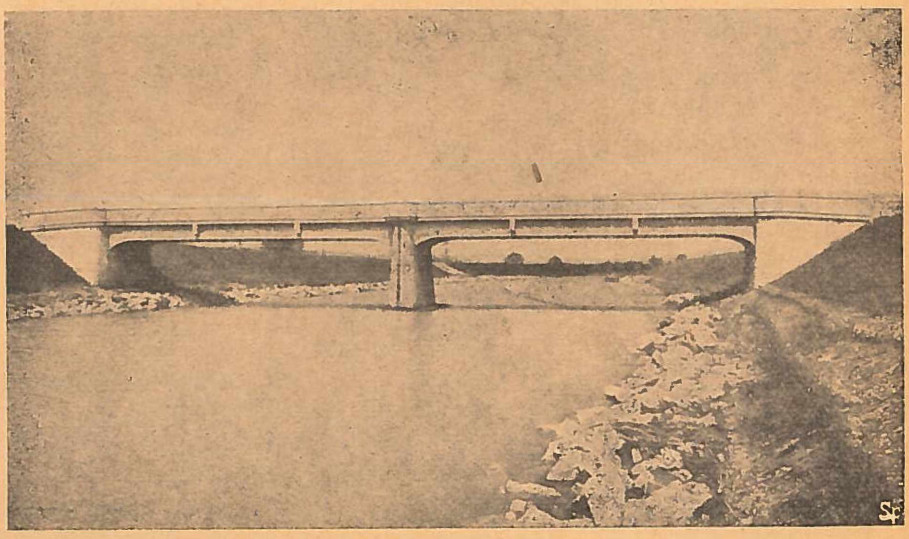
Nekarpytų balkių momentus ir atraminės reakcijas galima apskaičiuoti analitiškai ar grafiškai. Svarbiausi yra šie skaičiavimo būdai:

1) Lygioms angoms ir tolygiai paskirstytam krūviui — Vinklerio lentelės. Šis būdas duoda apytikrių, bet gana tikslių rezultatų.

2) Klaiperono lygtys, kurios duoda tikslius davinius, bet kuo daugiau atramų, tuo sunkiau išspręsti ir prieš tai dar reikia nustatyti jėgų kritišką padėtį.

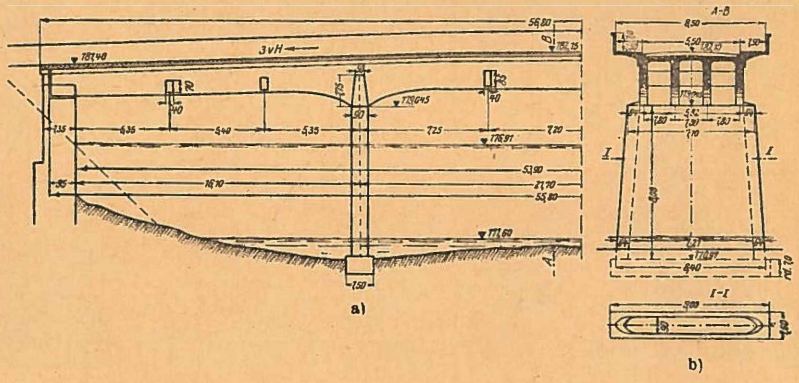
3) Riterio grafiškas pastovių taškų būdas duoda gana gerų rezultatų, bet geriausiai skaičiuoti pagal įtakines linijas, ypač, kai yra daug sutelktų jėgų.

484 brėž. parodyta tilto su nekarpytais balkiais ant trijų atramų išvaizda. Tiltas turi 2 angas po 18 m, pločio 6 m, pastatytas 1921 m. Bavarijoje.



484 brėž. Tiltas Bavarijoje.

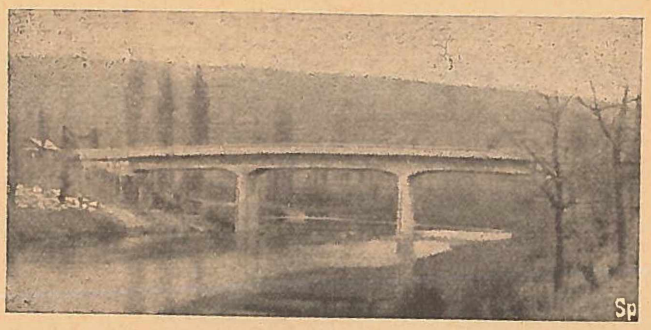
485 brėž., parodytas tiltas pastatytas Vokietijoje per Nekarą. Angos 16,10 + 21,70 + 16,10 m, važiuojamosios dalies platumas 5,50 m, du šaligatviai po 1,50 m. Perdengimo konstrukcija susi-



485 brėž.

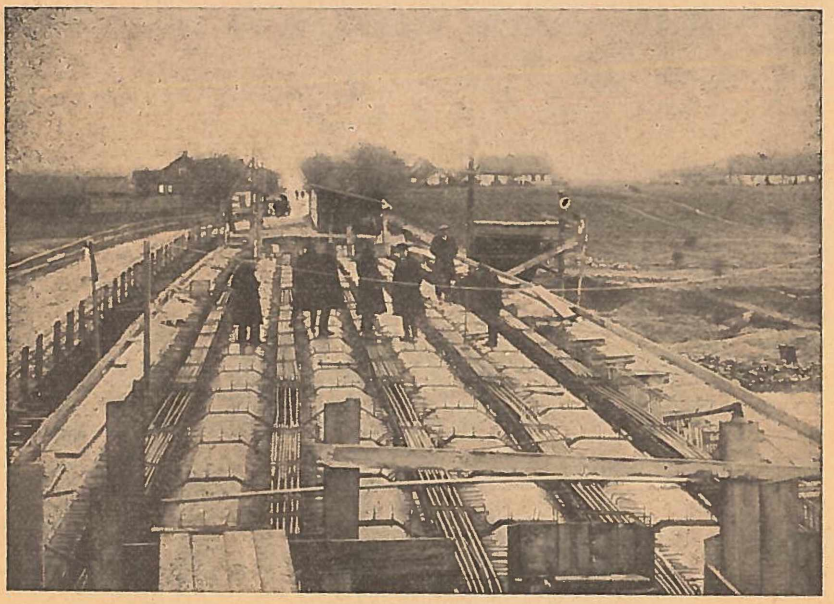
deda iš keturių balkių, atstume 1,80 m; balkių piūvis — 185×50 cm. Atramos surištos su perdengimu, bet kadangi jos, palyginti,

plonos, tai surišimai nepriimti domėn. 486 brėž. parodyta šio tilto išvaizda.



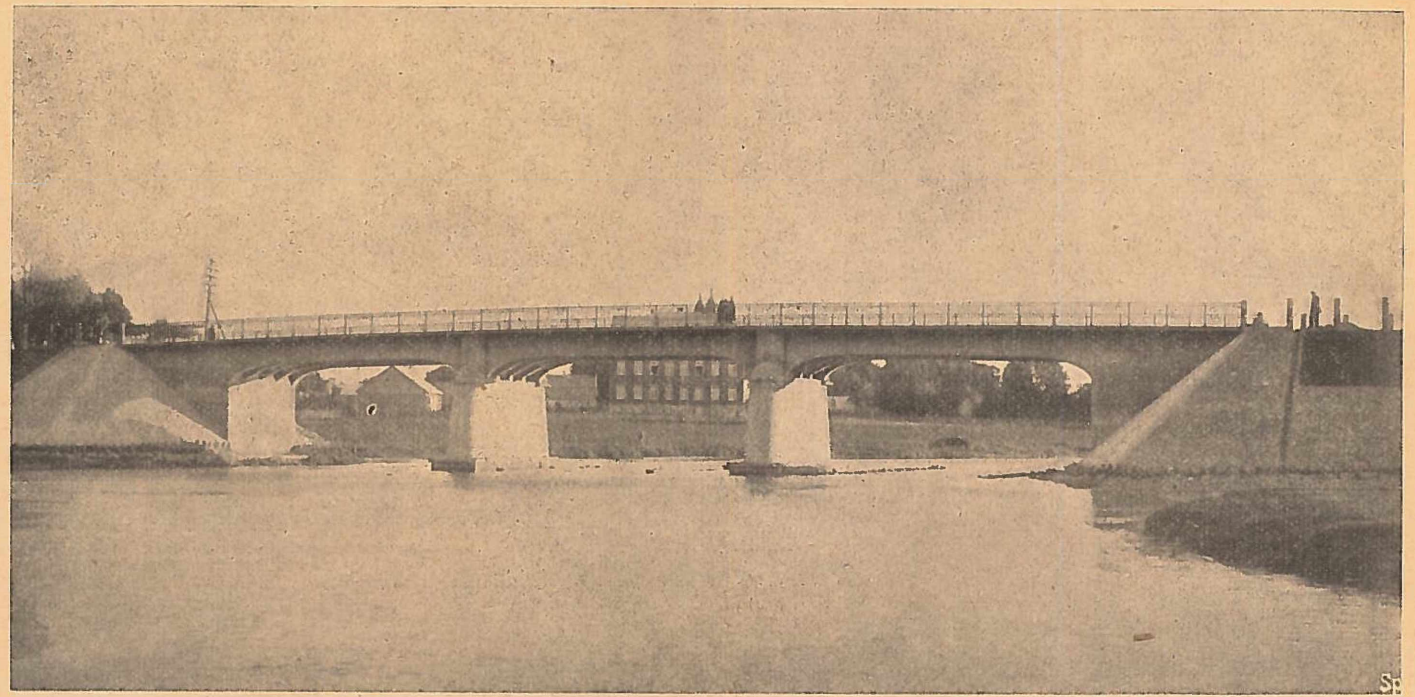
486 brėž. Tiltas per Nekaro upę (Vokietijoje).

XIV brėžinių lape, 487 — 491 brėž., parodytas pastatytas 1925 — 1926 metais Marijampolėje per Šešupę Tarpučių tiltas. Tiltas susideda iš trijų nekarpytų svarbiųjų balkių; angos



492 brėž. Tarpučių tiltas per Šešupę.

16 + 17 + 16 m. Viso tilto su ramtais ilgis — 68 m. Skerspiūvyje 5 balkiai per 1,50 m viens nuo kito. Tilto važiuojamosios dalies



493 brėž. Tarpučių tiltas per Šešupę.

platumas 6,00 m, du šaligatviai po 1,00 m (490 br.). 488 — 491 brėž. parodyta išilginių balkių ir sparnų armatūra. Atramos gelžbetoninės. Atskirų atraminių dalių nebuvo padėta. Taurai ir

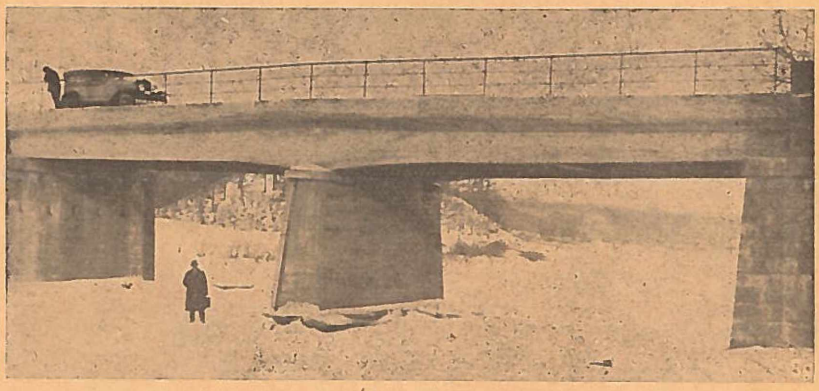
500 brėž. Pagramančio tiltas per Akmenės upę

ramtai pastatyti ant polių. 492 brėž. parodyti tilto viršutiniai klojiniai ir išilginių balkių armatūra darbų metu. 493 brėž., parodytas bendras tilto vaizdas. Tiltas gražus, lengvos formos ir tinka miestui.

501 brėž. Pagramančio tiltas per Akmenės upę.

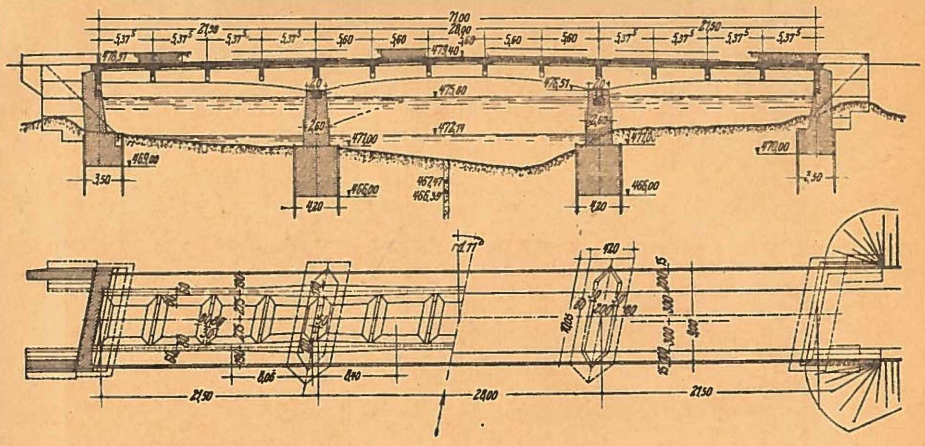
XV brėžinių lape 494 — 499 a brėž. parodytas 1928 m. pastatytas ties Pagramančio kaimu per Akmenės upę nekarpytų balkių ant trijų atramų tiltas. Tiltas turi dvi angas po 17,25 m. Ben-

dras tilto ilgis su ramtais — 43,40 m. Tilto važiuojamosios dalies platumas — 5,30 m. Skerspiūvyje du balkiai per 3,80 m viens nuo kito, skersiniai balkiai per 3,18 m viens nuo kito. Plokštė



501 a brėž. Jesios tiltas Aukšt. Panemunėje.

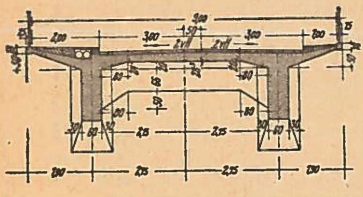
kryžminai armiruota; jos storis 20 cm. 496, 497 ir 498 brėž. parodytos tilto detalės, judomoji ir nejudomoji atraminės dalys. Nejudomoji atraminė dalis turi švino plokštę ir, be to, dar specialius



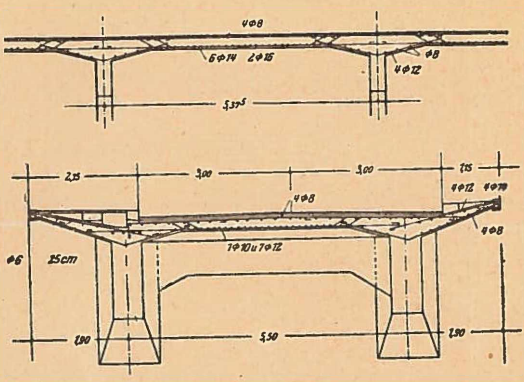
502 brėž.

strypus. 499 — 499 a brėž. parodytas tilto tauras. 500 brėž. atvaizduoti tilto klojiniai ir pastoliai darbų metu. 501 brėž., parodytas bendras tilto vaizdas.

501 a brėž. atvaizduotas 1930—1931 m. Kaune pastatytas Jesios tiltas. Jo sistema — ant trijų atramų nekarpyta sija. Atramos senos, dabar pastatytas viduryje vienas tauras; abi angos po

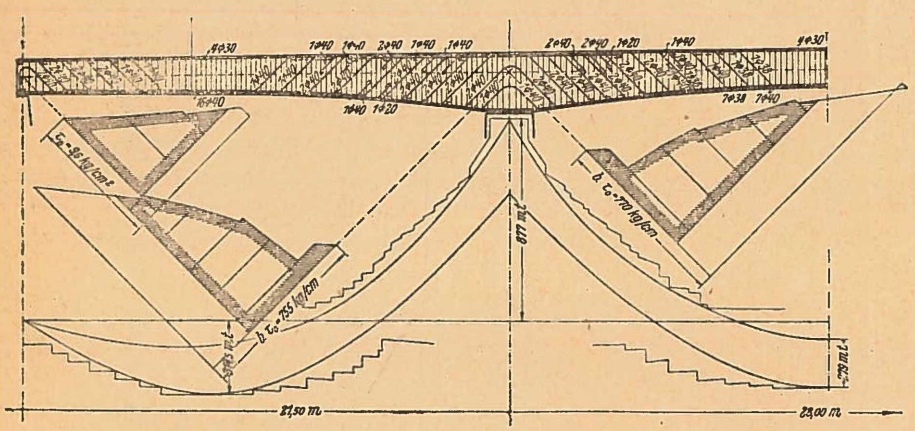


503 brėz.



504 brėž.

13,20 m. Tiltas skersiniam piūvyje turi dvi išilgines sijas; skersiniai balkiai pastatyti per 2,20 m. vienas nuo kito, plokštė 20 cm.

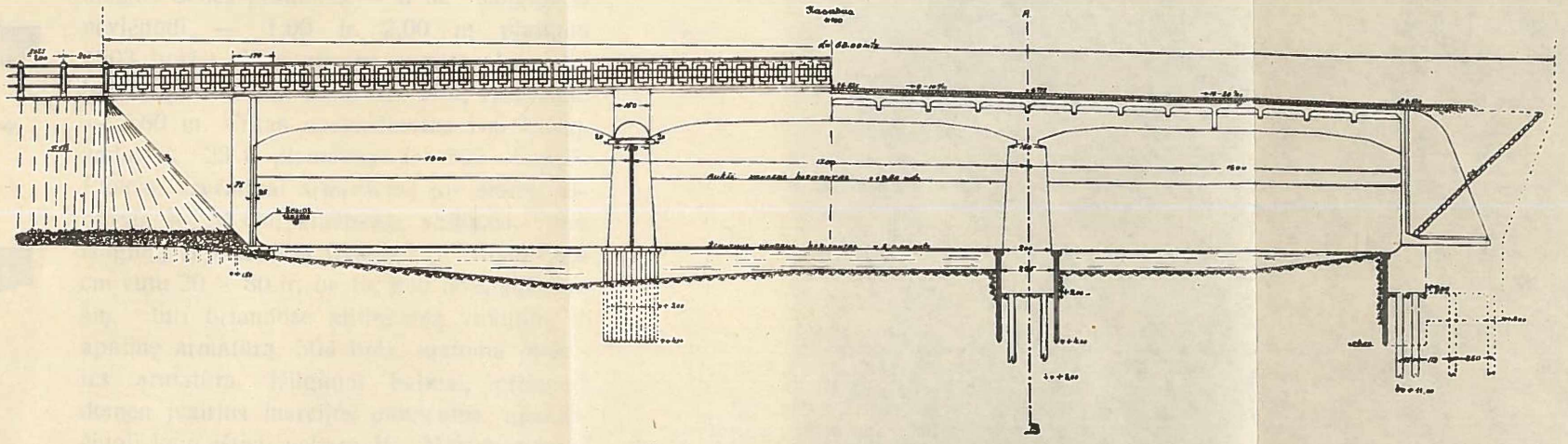


505 brėž.

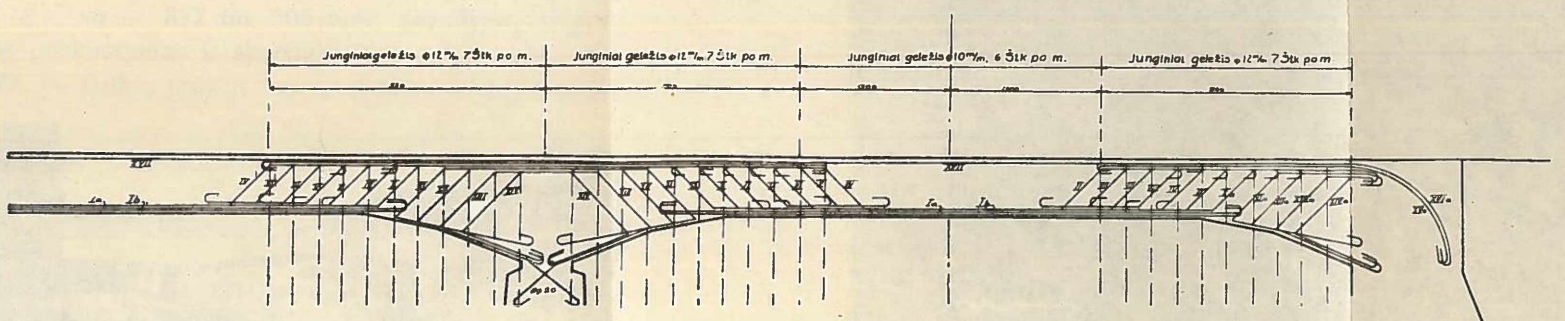
storio, eina ištisai per juos. Per tiltą nutiestas siaurasis geležinkeliukas.

502 brėž. parodytas išilginiame piūvyje ir plane pastatytas 1929 m. per Iller upę netoli miesto Ulm, Vokietijoje, nekarpytų balkių tiltas. Bendras balkių ilgis 71,00 m, angos 21,50 + 28,00

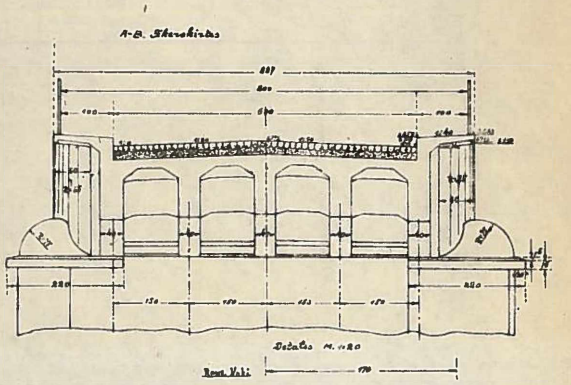
TARPUČIŲ TILTAS PER ŠEŠUPĘ



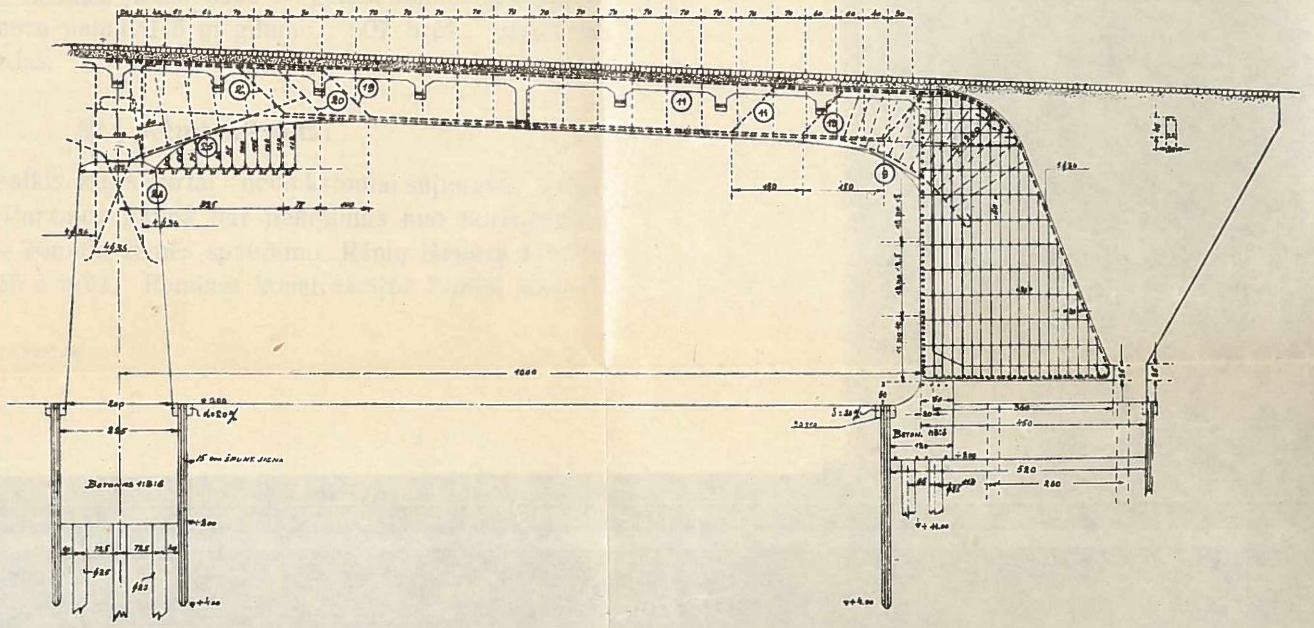
487 brėž.



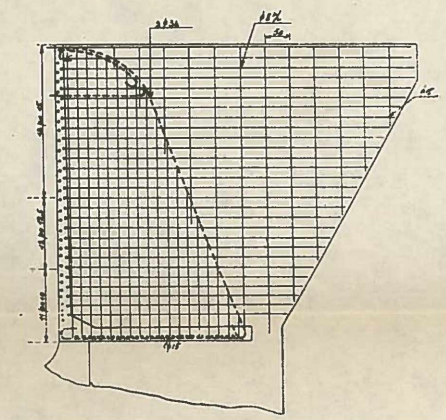
488 brėž.



490 brėž.

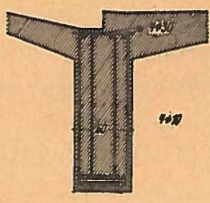


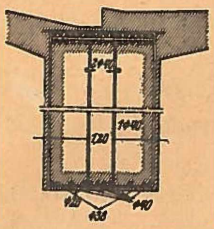
489 brėž.



491 brėž.

+ 21, 50 m. Tilto skersinis piūvis — du išilginiai balkiai per 5,50 m vienas nuo kito ir šaligatvių konsolės po 1,90 m. Važiuojamosios dalies platumas — 6 m. šaligatviai nevienodi — 1,00 ir 2,00 m platumo (503 brėž.). Kraštutinėse angose skersiniai balkiai per 5,37 m viens nuo kito, vidurinėje — 5,60 m. Tiltas apskaičiuotas I-ai kateg. vadinasi, 23 t plentvolis ir 500 kg/m². Plokštė kryžminai armiruota; jos storis: viduryje — 28 cm, kraštuose, vadinasi, prie išilginių ir skersinių balkių, ji sustiprinta cm vutu 20 × 80 ir, be to, kad išvengus plyšių, turi briaunose atitinkamą viršutinę ir apatinę armatūrą, 504 brėž. matoma plokštės armatūra. Išilginiai balkiai, priimant domėn įvairius inercijos momentus, apskaičiuoti kaip ištisi, nekarpyti. Max teigiamasis momentas — 314,5 tm, o max neigiamasis — 877 tm. 505 brėž. parodytas išilginių balkių armatūros paskirstymas ir skersinių jėgų ir momentų diagramos, 506 brėž. — balkių piūviai su armatūra. Nejudomosios





506 brėž.

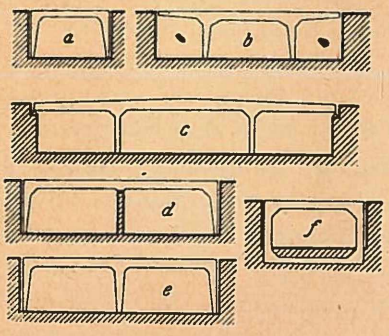
507 brėž.

atraminės dalys — švinas, judomosios — gelžbetoninės svyruojančios pėdžios. Taurų pamatai 5 m gilumo. 507 brėž. parodytas bendras tilto vaizdas.

82. Rėminiai tiltai

Rėmas yra balkis, kuris tvirtai - nelankstomai sujungtas su savo paramomis. Paramos gauna dar įtempimus nuo horizontaliai veikiančių jėgų — šoninio žemės spaudimo. Rėmų išmierų žymėjimas parodytas 256 a brėž. Reminės konstrukcijos žymiai sumaži-

na balkių aukštį, bet užtat reikia skaitytis su gana dideliais neigiamais įtvirtinimo momentais, kurie reikalauja ypatingai stiprios armatūros. Svarbiesiems balkiams įlinkus, paduose gaunamos horizontaliai veikiančios jėgos, kurias turi priimti pamatai. Rėminių konstrukcijų statiškas neišsprendžiamumas (kartais daug sykių neišsprendžiama konstrukcija) reikalauja labai tvirtų pamatų; patariama svarbiuosius balkius ir atramas statyti iš vienodos rūšies medžiagos.



508 a—f brėž,

508 a, b, c, d, e, f brėž. parodytos vartojamos rėminės sistemos:

a) paprastas rėmas ant šarnyrų ar su įtvirtintais galais (508 a brėž.),

b) ta pati, bet su konsolėmis (508 b brėž.),

c) ta pati su ilgomis laisvai ant atramų gulinčiomis konsolėmis (508 c brėž.),

d) paprastas rėmas su vidurine parama (508 d brėž.),

e) trijų paramų (dvi angos, 508 e brėž.),

f) uždaras (susivėrusio kontūro) keturkampis vienos angos rėmas (508 f brėž.).

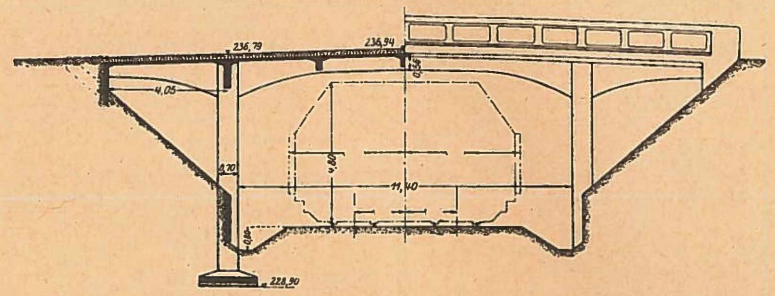
Rėmų padai gali būti ant šarnyrų arba įtvirtinti; tatai pareina nuo grunto.

Rėmų skaičiavimui svarbu žinoti visų rėmų dalių inercijos momentus. Rėmus galima apskaičiuoti Kastiliano būdu (deformacijų darbo minimumo) arba pagal elastiškos linijos diferencialę lygtį; juos galima apskaičiuoti ir grafiškai. Yra daug įvairių lentelių ir formulių, kurių pagalba galima greit apskaičiuoti rėmus. Jų daugiausiai taikomos „Kleinlogel, Rahmenformeln", kur išnagrinėti įvairaus pavidalo rėmai prie įvairių apkrovimų; taip pat galima naudotis prof. Gehler „Der Rahmen" ir prof. Vasiliausko „Dviejų šarnyrų vienaluomiai rėmai", „Vienos angos įtvirtintų galų rėmai"; tokiu būdu apskaičiuojama greit ir gana tiksliai.

Žemiau duodamas rėminio tilto 11,4 m. angos su įtvirtintais galais ir su konsolėmis skaičiavimo pavyzdys.

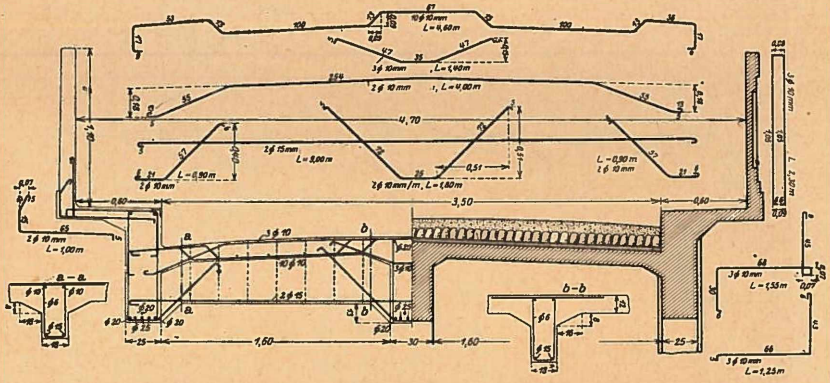
509 brėž. parodytas tilto piūvis ir fasadas, konsolės po 4,05 m. Važiuojamosios dalies platumas 3,50 m, šaligatviai po 0,60 m. Skersinia-

me piūvyje yra trys rėminiai balkiai (510 brėž.). Apkrovimas — 12 t. vežimas ir 400 kg/m² žmonių minia. Plokštė priimta 12 cm storio ir patikrinus rasta tinkama. Bendras skaldos žievės ant pakelažo storumas — 20 cm.



509 brėž.

Rėmai skaičiuojami prof. Gehler knygoje „Der Rahmen" nurodytu būdu (paduose įtvirtintas, su abipusėmis konsolėmis, rėmas, 511 ir 511 a, b, c brėž.). Nagrinėjame vidurinį rėmo balkį (rigelį), kuriam parenkame vidutinį piūvį su pastoviu inercijos momentu, kaip ir pėdžioms.



510 brėž.

Tąsyk $F = 1{,}87 \cdot 0{,}12 + 0{,}30 \cdot 0{,}48 = 0{,}368\ \text{cm}^2$.

Svorio centro atstumas (512 brėž).

$$x = \frac{1{,}57 \cdot 0{,}12^3 + 0{,}30 \cdot 0{,}60^2}{2 \cdot 0{,}368} = 0{,}178\ \text{m}.$$

Inercijos momentas:

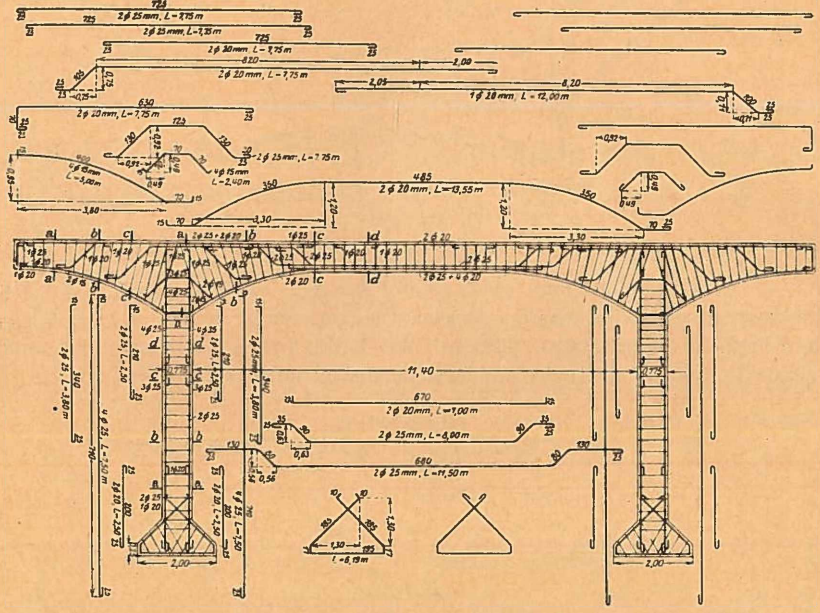
$$I_x = \frac{1}{3}\,(1{,}87 \cdot 0{,}178^3 - 1{,}57 \cdot 0{,}058^3 + 0{,}30 \cdot 0{,}422^3) = 0{,}01083\ \text{m}^4.$$

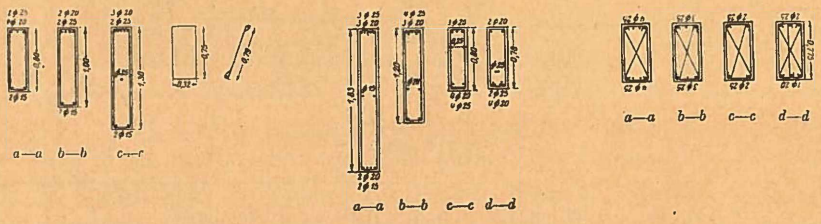
Pėdžios piūvis pagal 512 brėž.

$$F = 77{,}5 \cdot 30 = 2\,32{,}5\ \text{cm}^2\,,$$

$$I_s = \frac{b h^3}{12} = \frac{30 \cdot 77{,}5^3}{12} = 0{,}0116\ \text{m}^4\,.$$

Rėmo skaičiuojamoji anga: $l = 11{,}40 + 0{,}775 = 12{,}175$ **m.**





511 brėž., 511 a, b, c, brėž.

Pėdžių aukštis, (pagal 512 brėž.) $h = 7{,}50$ **m.**

Tuo būdu:
$$\nu = \frac{h}{l} \cdot \frac{I}{I_s} = \frac{7{,}50}{12{,}175} \cdot \frac{0{,}01083}{0{,}0116} = 0{,}575\,.$$

Rėmui iš rigelio ir dviejų įtvirtintų strypų koeficientai esti:

$$\alpha_2 = 2 + \nu = 2 + 0{,}575 = 2{,}575\,; \quad \beta_2 = 1 + 6\,\nu = 1 + 6 \cdot 0{,}575 = 4{,}45\,.$$

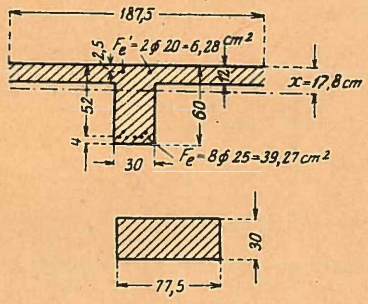
Įsidėmėtina, kad koeficientai ν, α ir β kinta, priklausomai nuo inercijos momentų I ir I_s. Mes I išskaičiavome laikydami, kad piūvis rigelyje ir pėdžiose nesikeičia ir, be to, nepriimta domėn geležies armatūra. Tik šiomis sąlygomis galima skaičiuoti žemiau nurodytu būdu.

Rėmo pastovus krūvis esti:

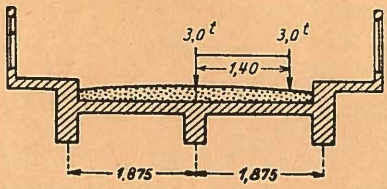
Savasis svoris $g_1 = 0{,}368 \cdot 2{,}4 \cong 0{,}884$ t/m

Važiuojam. dalies svoris $g_2 = 0{,}20 \cdot 1{,}875 \cdot 2{,}0 = 0{,}750$ „

viso $= 1{,}634 \cong 1{,}65$ t/m .



512 brėž.



513 brėž.

Paslankusis krūvis, laikydami, kad vienas 12 t. vežimo ratas stovi ant vidurio balkio (513 brėž.), tenkąs viduriniam balkiui:

$$P = 3{,}0 + 3{,}0\frac{(1{,}875 - 1{,}40)}{1{,}875} = 3{,}76 \cong 3{,}80\ \text{t} .$$

Tolygiai išskirstytas krūvis (žmonių minia):

$$p = 1{,}875 \cdot 0{,}40 = 0{,}75\ \text{t/m} .$$

a) *Momentų nuo savojo svorio skaičiavimas.*

Tolygiai išskirstytas rigelio apkrovimas $g = 1{,}65$ t/m iššaukia momentą ties viduriu laisvai padėto balkio:

$$M_0 = \frac{gl^2}{8} = \frac{1{,}65 \cdot 12{,}175^2}{8} = 30{,}55\ \text{tm} .$$

Įtvirtinimo koeficientai taškuose A, B, C ir D (514 brėž.)

$$\mu_A = \mu_B = -\frac{4}{3\alpha_2} = -\frac{4}{3 \cdot 2{,}575} = -0{,}518 ,$$

$$\mu_C = \mu_D = +\frac{2}{3\alpha_2} = +\frac{2}{3 \cdot 2{,}575} = +0{,}259 .$$

Mazginiai (kampų) momentai gaunami iš lygčių: $M = \mu M_0$

$$M_A = M_B = \mu_A \cdot M_0 = \mu_B \cdot M_0 = -0{,}518 \cdot 30{,}55 = -15{,}84\ \text{tm} ,$$

$$M_C = M_D = \mu_C \cdot M_0 = \mu_D \cdot M_0 = +0{,}259 \cdot 30{,}55 = +7{,}92\ \text{tm} .$$

Apkrovę konsolę už pėdžių, gauname momentą:

$$M_{0k} = -g \cdot l \cdot \frac{l}{2} = -1{,}65 \cdot \frac{4{,}20^2}{2} = -14{,}55 \text{ tm} .$$

Kai apkrauta konsolė prie A, gauname:

$$\mu_A = -\frac{1}{\alpha_2} - \frac{1}{2\beta_2} = -\frac{1}{2{,}575} - \frac{1}{2 \cdot 4{,}45} = -0{,}5015 ,$$

$$\mu_B = -\frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{2\beta_2} = -0{,}2765 ,$$

$$\mu_C = +\frac{1}{2\alpha_2} + \frac{1}{2\beta_2} = +\frac{1}{2 \cdot 2{,}575} - \frac{1}{2 \cdot 4{,}45} = +0{,}3070 ,$$

$$\mu_D = +\frac{1}{2\alpha_2} - \frac{1}{2\beta_2} = +0{,}0820 .$$

$M_{A\ (pėdžia)} = -0{,}5015\,(-14{,}55) = +7{,}30$ tm ,

$M_{B\ (pėdžia)} = -0{,}2765\,(-14{,}55) = +4{,}03$ „

$M_C = +0{,}3070\,(-14{,}55) = -4{,}47$ „

$M_D = +0{,}0820\,(-14{,}55) = -1{,}194$ „

$M_{A\ (rigelis)} = +7.30 + (-14{,}55) = -7{,}25$.

Apkrovę konsolę prie A, gauname:

$$M_{B\ (rigelis)} = +4{,}03 + (\pm 0{,}0) = +4{,}03 \text{ tm} .$$

Apkrovę konsolę prie B (su momentu $M_{0k} = -14{,}55$ tm), analogiškai gauname:

$M_{A\ (pėdžia)} = +4{,}03$ tm , $M_{B\ (pėdžia)} = +7{,}30$ tm ,

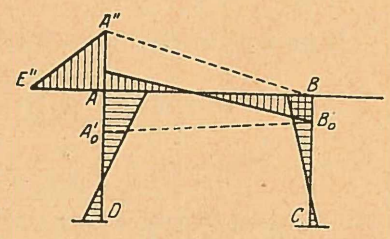
$M_C = -1{,}194$ „ $M_D = -4{,}47$ „

$M_{A\ (rigelis)} = +4{,}03 + (\pm 0{,}0) = +4{,}03$ tm .

Apkrovę konsolę prie B, gauname:

$M_{B\ (rigelis)} = +7{,}30 + (-14{,}55) = -7{,}25$ tm .

Aukščiau apskaičiuoti M_A ir M_B dydžiai galioja pėdžioms. Rigeliui momentus gauname, jei prie linijos A'_0—B'_0 apibrėžto ploto dar pridėsime plotą A—A″—B (514 brėž.):



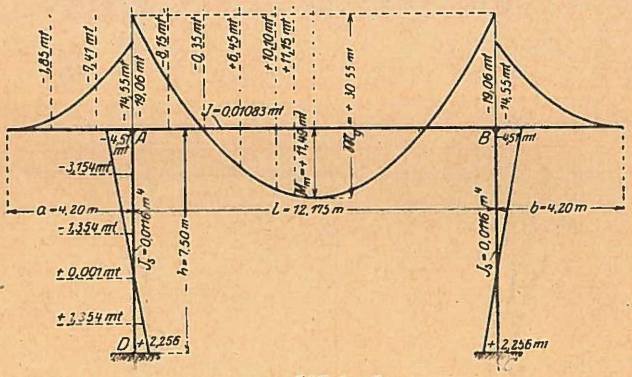
514 brėž.

$M_{A\ (rigelis)} = M_{A\ (pėdžia)} + M_0$, $M_{B\ (rigelis)} = M_{B\ (pėdžia)} + M_0$.

Tuo būdu gauname šiuos pilnus nuo pastovaus (savojo svorio) apkrovimo momentus:

Sistemos taškas	Rigelio apkrovimas	Konsolės prie A apkrovimas	Konsolės prie B apkrovimas	Iš viso
$M_{A\ (pėdžia)}$	— 15,84	+ 7,30	+ 4,03	— 4,51
$M_{A\ (rigelis)}$	— 15,84	— 7,25	+ 4,03	— 19,06
$M_{B\ (pėdžia)}$	— 15,84	+ 4,03	+ 7,30	— 4,51
$M_{B\ (rigelis)}$	— 15,84	+ 4,03	— 7,25	— 19,06
M_C	+ 7,92	+ 4,47	— 1,194	+ 2,256
M_D	+ 7,92	— 1,194	— 4,47	+ 2,256
$M_{A\ (konsolė)}$	0,00	— 14,55	0,00	— 14,55

Dėl simetrijos $M_A = M_B$ ir $M_C = M_D$. Momentų pasikeitimo linija parodyta 515 brėž.



515 brėž.

b) *Momentų nuo paslankaus krūvio skaičiavimas.*

Momentai surandami įtakinių pagalba, kurias mes išbraižome išskaičiavę momentus krūviui = 1.

Šitas krūvis statomas padėtyse: ant rigelio ir jo konsolių 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; ant pėdžių padėtyse 6, 7, 8 (516 brėž.). Krūviui = 1 t esant taške „1" taške A veikia momentas $M_{0k} = -4,2 \cdot 1,0 = -4,2$ tm .

Tada pasinaudodami aukščiau išskaičiuotais įtvirtinimo koeficentais (apkrautai konsolei), gauname:

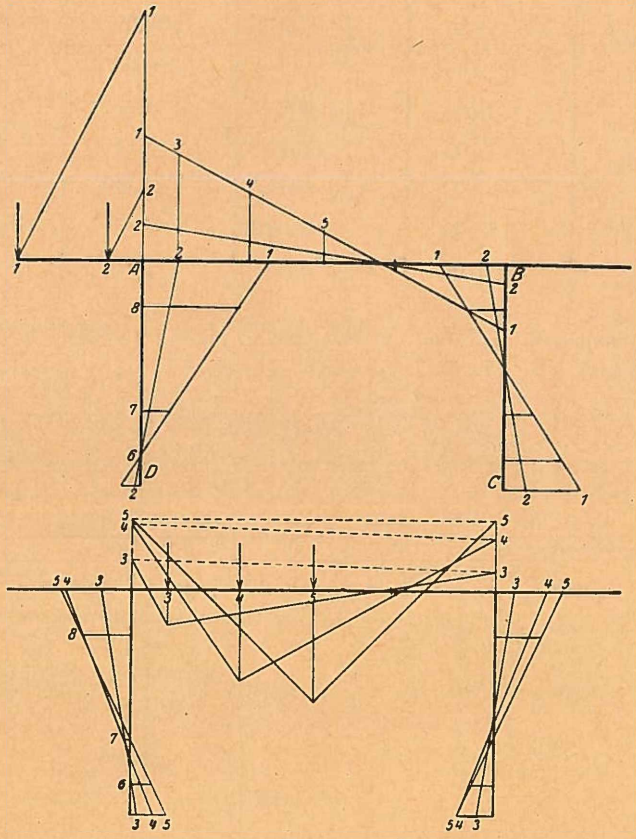
$$M_{A\ (pėdžia)} = -0,5015 \cdot (-4,2) = +2,106 \text{ tm} .$$

$$M_{A\ (rigelis)} = +2,106 - 4,2 = -2,094 \text{ „}$$

$M_{B\ (pėdžia)} = -0{,}2765 \cdot (-4{,}2) = +1{,}160$ „ $= M_{B\ (rigelis)}$,

$M_C = +0{,}3070 \cdot (-4{,}2) = -1{,}290$ „

$M_D = +0{,}0820 \cdot (-4{,}2) = -0{,}344$ „



516 brėž.

Analogiškai, krūviui = 1 t esant taške 2, atstu 1, 1 m į kairę nuo A, gauname

$M_{A\ (pėdžia)} = +0{,}602$ tm, $M_C = -0{,}369$ tm,

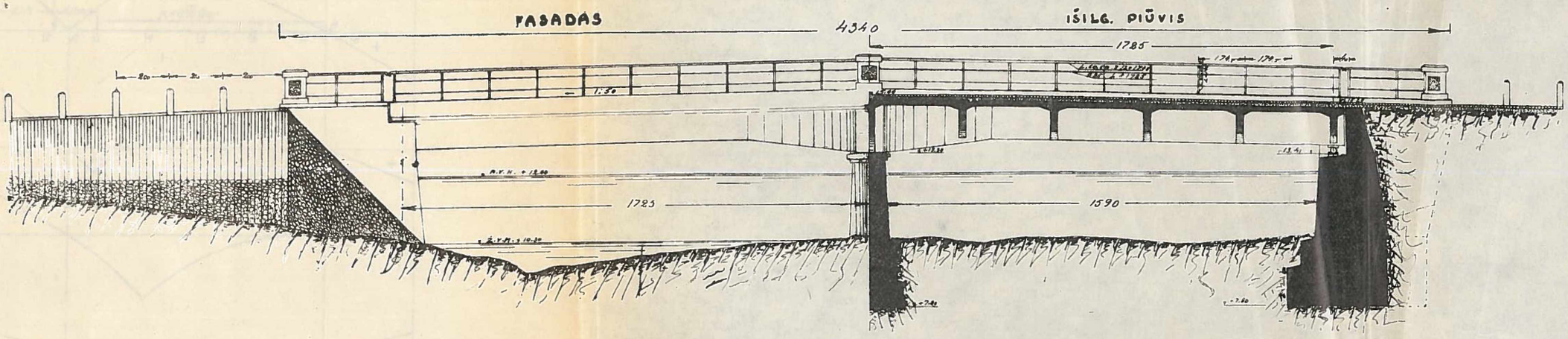
$M_{B\ (pėdžia)} = +0{,}332$ „ $M_D = -0{,}098$ tm.

Kadangi M_{0k} čia lygsta $1{,}2 \cdot 1{,}0 = -1{,}2$ tm, tai:

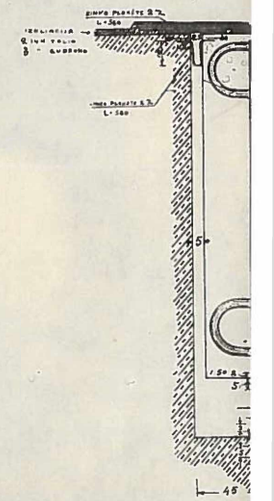
$M_{A\ (rigelis)} = +0{,}602 - 1{,}2 = -0{,}598$ tm,

$M_{B\ (rigelis)} = M_{B\ (pėdžia)}$.

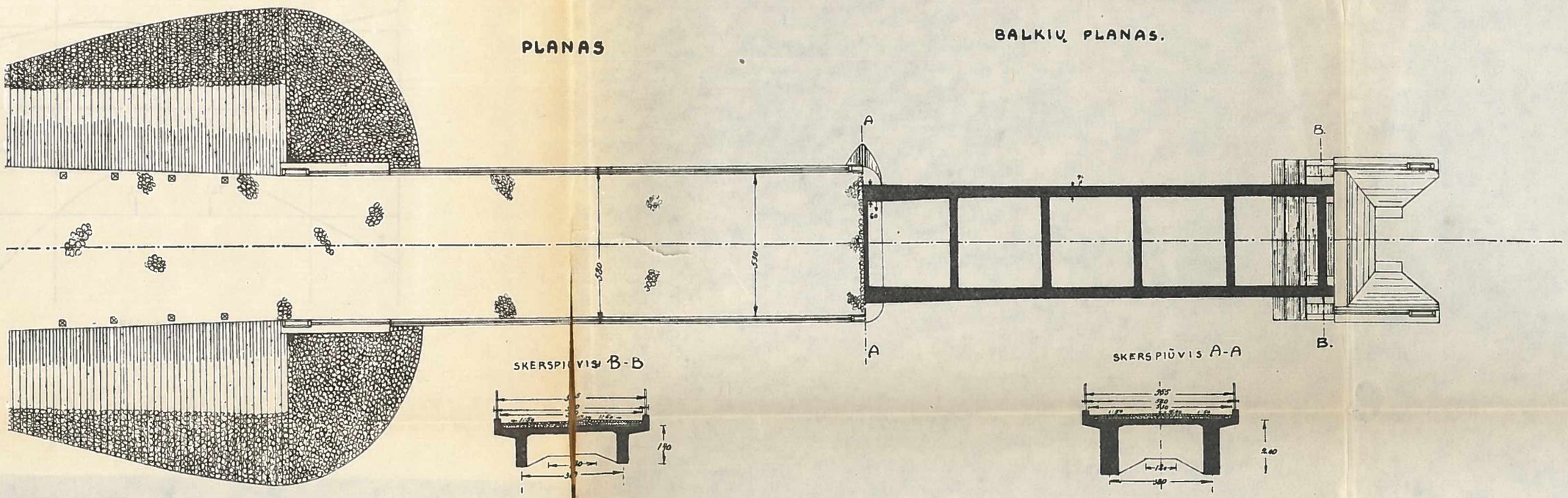
PAGRAMANČIO TILTAS PER AKMEN



494 brėž.

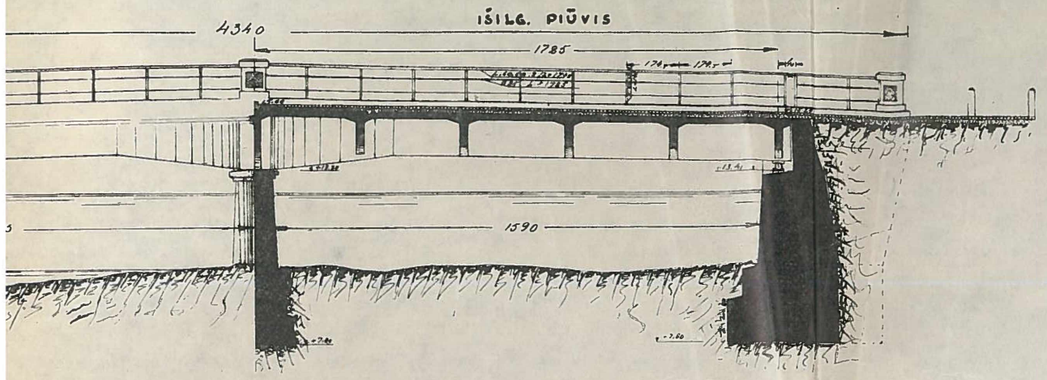


496 b

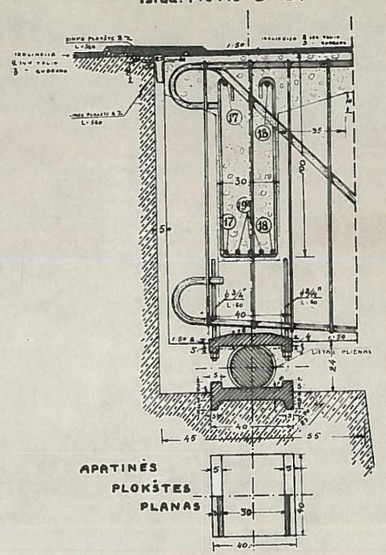


495 brėž.

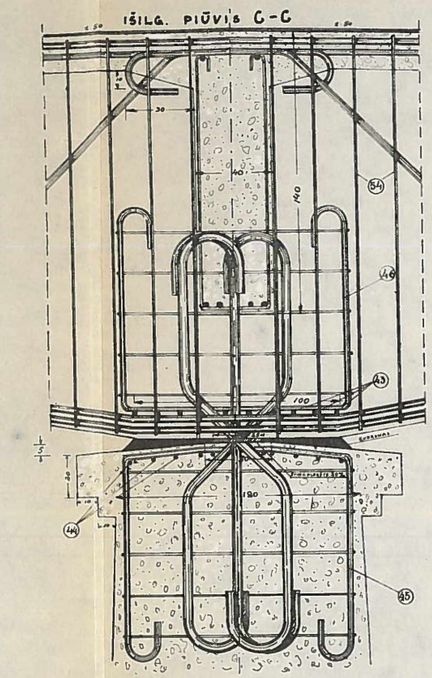
PAGRAMANČIO TILTAS PER AKMENĖS UPĘ



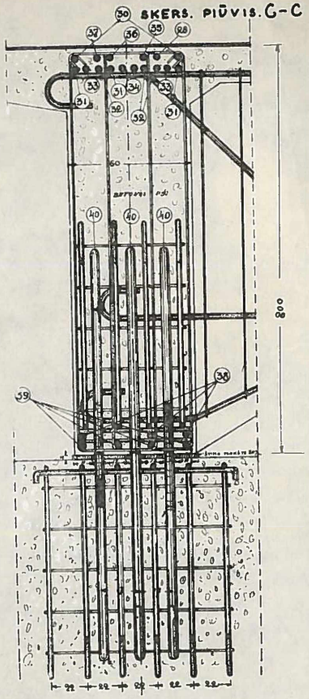
494 brėž.



496 brėž.

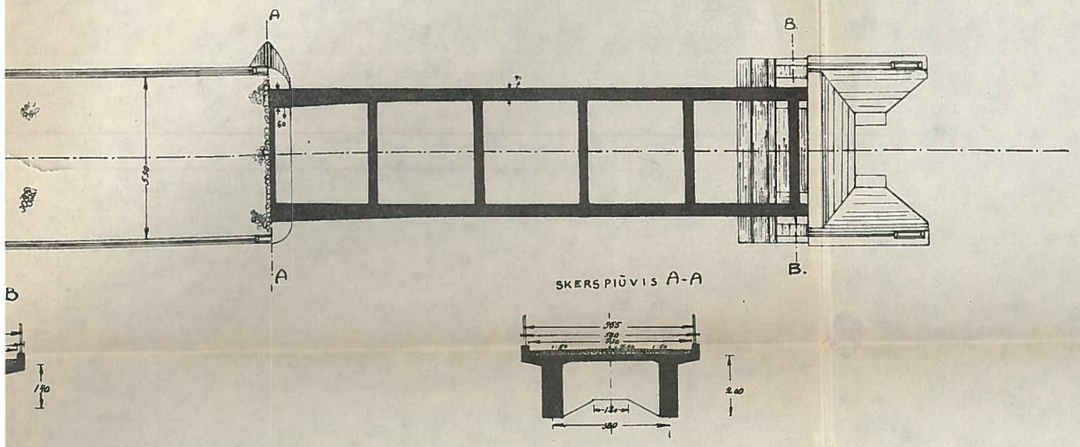


497 brėž.

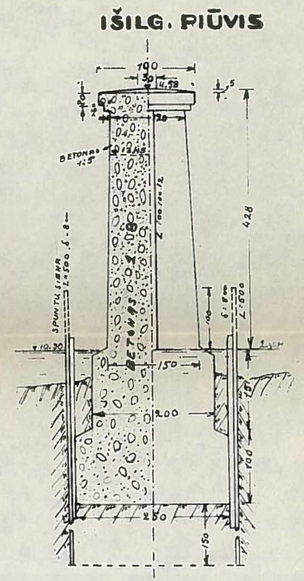


499 a bž.

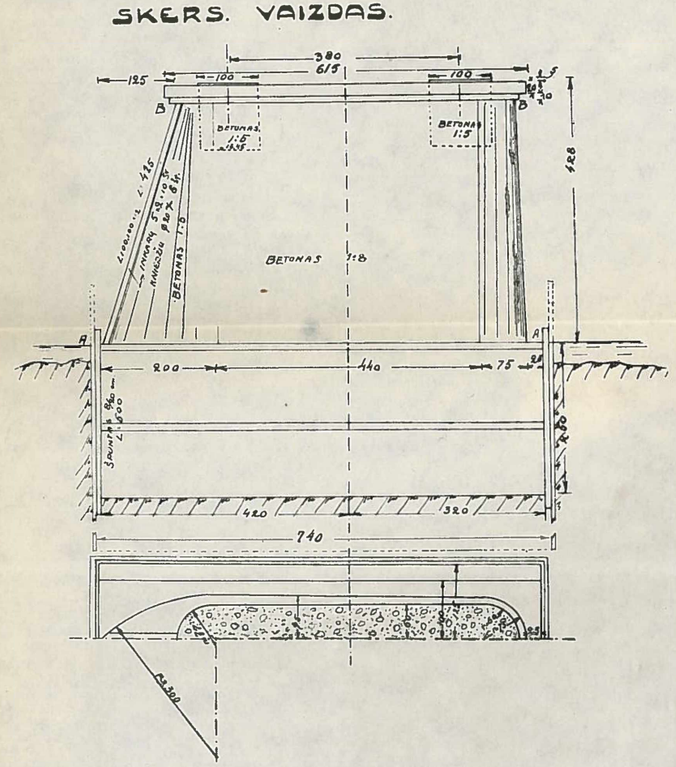
BALKIŲ PLANAS.



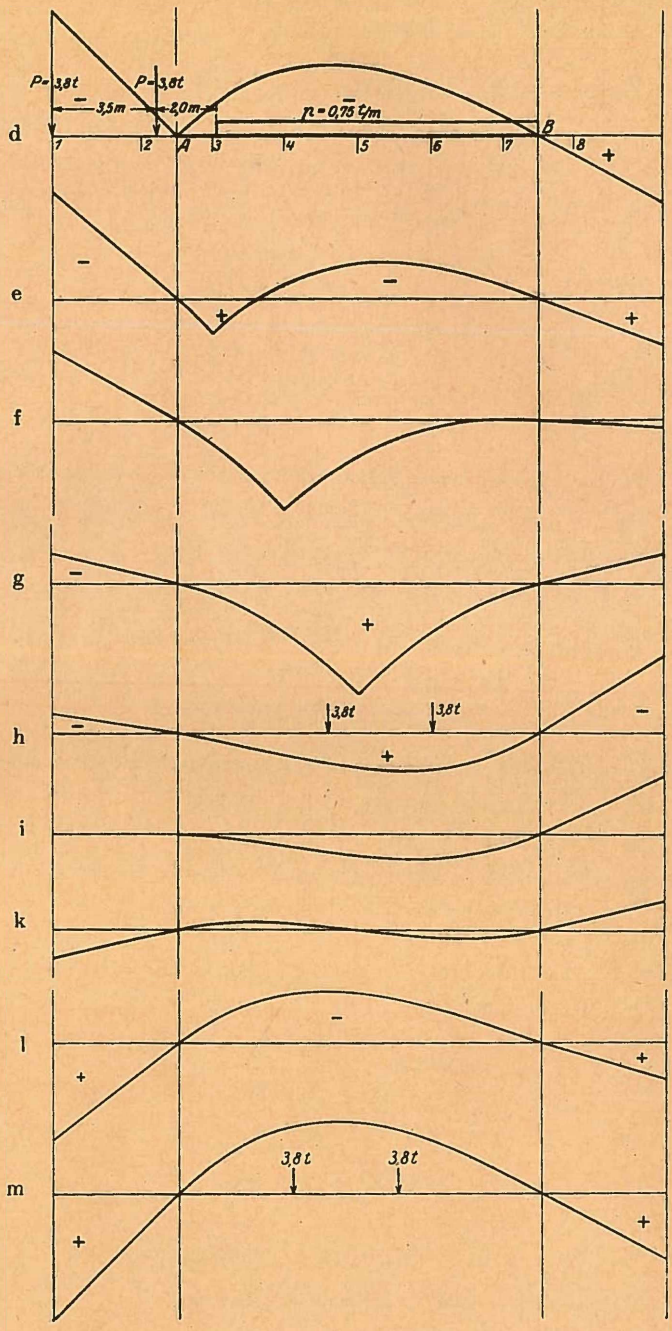
495 brėž.



498 brėž.



499 brėž.


d
e
f
g
h
i
k
l
m
P=3,8t
P=3,8t
3,5m
2,0m
p=0,75 t/m
A
B
1
2
3
4
5
6
7
8
3,8t
3,8t
3,8t
3,8t

517 d—m břež.

Pastatę krūvį taške 3 atstu t = 1,2 m į dešinę nuo A, arba atstu b = 10,975 į kairę nuo B gauname:

$$M_{0k} = \frac{P \cdot ab}{l} = 1{,}0\,\frac{1{,}2 \cdot 10{,}975}{12{,}175} = +\,1{,}082 \text{ tm},$$

$$\xi = \frac{a}{l}\,\frac{1{,}2}{12{,}175} = 0{,}0986,$$

$$\mu_A = -\frac{1}{\alpha_2} = \frac{1-2\xi}{2\beta_2} = -\frac{1}{2{,}575} - \frac{1-2 \cdot 0{,}0986}{2 \cdot 4{,}45} = -\,0{,}4793,$$

$$\mu_B = -\frac{1}{\alpha_2} + \frac{1-2\xi}{2\beta_2} = -\,0{,}389 + 0{,}0903 = -\,0{,}2987;$$

$$\mu_C = +\frac{1}{2\alpha} + \frac{1-2\xi}{2\beta_2} = +\,0{,}1945 + 0{,}0903 = +\,0{,}2848,$$

$$\mu_D = +\frac{1}{2\alpha_2} - \frac{1-2\xi}{2\beta_2} = +\,0{,}1945 - 0{,}0903 = +\,0{,}1042,$$

$M_A = -\,0{,}4793 \cdot 1{,}082 = -\,0{,}519$ tm,

$M_B = -\,0{,}2987 \cdot 1{,}082 = -\,0{,}323$ „,

$M_C = +\,0{,}2848 \cdot 1{,}083 = +\,0{,}308$ „,

$M_D = +\,0{,}1042 \cdot 1{,}082 = +\,0{,}113$ „.

Kai $a = 4{,}8$, $b = 7{,}375$, $\xi = \frac{12{,}175}{4{,}8} = 0{,}3945$;

$$M_{ok} = 1{,}0 \cdot \frac{4{,}8 \cdot 7{,}375}{12{,}175} = 2{,}91 \text{ tm},$$

tada $\mu_A = -\,0{,}389 - \frac{1-2 \cdot 0{,}3945}{2 \cdot 4{,}45} = -\,0.4127,$

$\mu_B = -\,0{,}389 + 0{,}0237 = -\,0.3653,$

$\mu_C = +\,0{,}1945 + 0{,}0237 = +\,0{,}2182,$

$\mu_D = +\,0{,}1945 - 0{,}0237 = +\,0{,}1708,$

$M_A = -\,0{,}4127 \cdot 2{,}91 = -\,1{,}200$ tm,

$M_B = -\,0{,}3653 \cdot 2{,}91 = -\,1{,}062$ „,

$M_C = +\,0{,}2182 \cdot 2{,}91 = +\,0{,}635$ „,

$M_D = +\,0{,}1708 \cdot 2{,}91 = +\,0{,}497$ „.

Kai $a = b = \frac{l}{2} = 6{,}0875$ m,

$$M_{0k} = \frac{P \cdot l}{4} = 1{,}0 \cdot \frac{12{,}175}{4} = 3{,}044 \text{ tm},$$

$$\mu_A = \mu_B = -\frac{1}{\alpha_2} = -\frac{1}{2{,}575} = -\,0{,}389,$$

$$\mu_B = \mu_C = -\frac{1}{2\alpha_2} = +\frac{1}{2 \cdot 2{,}575} = -\,0{,}1945,$$

$M_A = M_B = -\,0{,}389 \cdot 3{,}044 = -\,1{,}184$ tm,

$M_C = M_D = +\,0{,}1945 \cdot 3{,}044 = +\,0{,}591$ tm.

Momentų dydžiai įvairioms krūvio = 1 t. padėtims išbraižyti 516 brėž. viršutinėje dalyje — rigeliui su konsolėmis, apatinėje dalyje — pėdžioms.

Šiuo brėžiniu pasinaudojant išbraižytos įtakinės linijos įvairiems piūviams (1, 2, 3 ir t. t., 517 d — m brėž.)

Pastatę dabar tam tikru būdu krūvius, mes gauname maksimalius momentus.

Piūvis dešinėje nuo A, rigely (prie pat taško A):

$$+ M'_{A\,max} = + [3 . 8 (1,15 + 0,20)] = + 5,14 \text{ tm},$$

$$- M'_{A\,max} = - [3 . 8 (2,10 + 0,35) + 0,75 (4,0 + 4,10 + 1,10)] = - 16,20 \text{ tm}$$

(Apkrovimo schema parodyta 517d brėž.).

Piūvis „3" (žiūr. 517 e brėž.):

$$+ M_{3\,max} = + [3,8 . 0,94 + 0,75 (0,78)] = + 4,16 \text{ tm},$$

$$- M_{3\,max} = - [3,8 . 2,07 + 0,75 . 3,9] = - 10,80 \text{ tm}$$

ir t. t., pavyzdžiui:

Piūvis „5 (rigelio vidurys, 517 g brėž.):

$$+ M_{5\,max} = + [3,8 . 2,36 + 0,75 . 1,65] = + 10,50 \text{ tm},$$

$$- M_{5\,max} = - [3,8 . 0,6 + 0,75 . 1,07] = - 3,08 \text{ tm}.$$

Momentai pėdžios piūviuose (517 h brėž.).

Piūvis ties pėdžios apačia:

$$+ M_{D\,max} = + [3,8 . 1,12 + 0,75 . 0,82] = + 4,88 \text{ tm},$$

$$- M_{D\,max} = - [3,8 . 1,51 + 0,75 . 0,74] = - 6,30 \text{ tm}.$$

Piūvis „6" (517 i brėž.):

$$+ M_{6\,max} = + [3,8 . 0,71 + 0,75 . 0,41] = + 3,01 \text{ tm},$$

$$- M_{6\,max} = - [3,8 . 1,12 - 0,75 . 0,0] = - 4,26 \text{ tm}.$$

ir t. t.

Piūvis netarpinai po tašku A pėdžioje (517 m brėž.):

$$+ {}_aM_{A\,max} = + \left[3,8 . 2,94 + 0,75 \cdot \frac{1,1 . 4,2}{2}\right] = + 12,92 \text{ tm},$$

$$- {}_aM_{A\,max} = - [3,8 . 2,2 + 0,75 . 1,81] = - 9,72 \text{ tm}.$$

Konsolės piūviai: piūvis į kairę nuo A:

$$+ {}_kM_{A\,max} = - [3,8 . (4,2 + 0,7)] = - 18,60 \text{ tm}.$$

Piūvis „2":

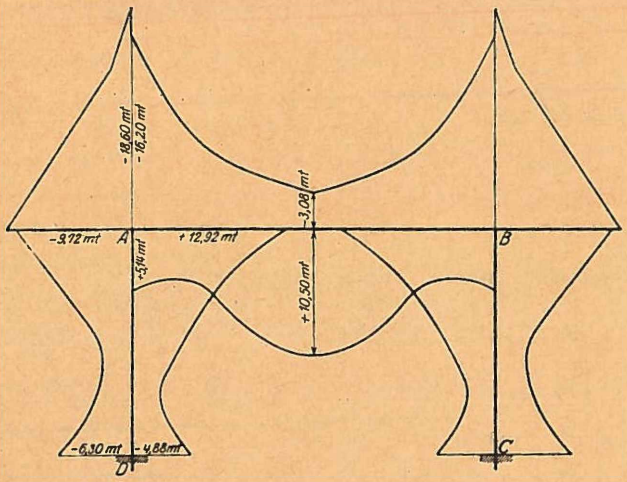
$$M_{2\,max} = - 3,8 . 3,0 = - 11,4 \text{ tm}.$$

Piūvis „1":

$$M_{1\,max} = 3,8 . 0,0 = - 0,0 \text{ tm}.$$

Žemiau dedamoje lentelėje surašyti nuo savojo ir paslankaus krūvio momentai ir jų sumos. Momentų nuo paslankaus krūvio pasikeitimo kreivoji parodyta 518 brėž.

Rėmo dalis ir piūvis		Momentas nuo savojo svorio		Momentas nuo paslankaus krūvio		Momentams kartu veikiant	
		+	—	+	—	+	—
Konsolė	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	— 7,41	0,00	— 11,40	0.00	— 18,81
	A^k	0,00	— 14,55	0,00	— 18,60	0,00	— 33,15
Rigelis	A^k	0,00	— 19,06	+ 5,14	— 16,20	— 13,92	— 35,26
	3	0,00	— 8,15	+ 4,16	— 10,80	— 3,99	— 18,95
	4	+ 6,45	0,00	+ 7,71	— 5,17	+ 14,16	+ 1,28
	5	+11,69	0,00	+10.50	— 3,08	+ 21,99	+ 8,41
Pėdžia	D	+ 2,26	0,00	+ 4,88	— 6,30	+ 7,14	— 4,04
	6	+ 1,35	0,00	+ 3,01	— 4,26	+ 4,36	— 2,91
	7	0,00	0,00	+ 2,54	— 2,69	+ 2,54	— 2,69
	8	0,00	— 3,15	+ 8,17	— 6,83	+ 5,02	— 9,98
	A^a	0.00	— 4,51	+12,92	— 9,72	+ 8.41	— 14,23



518 brėž.

c) Skersinių jėgų suradimas.

Įtakinės linijos rigeliui surandamos šiąja formule:

$$Q = Q_0 + \frac{M_d - M_k}{l} = Q_0 + \frac{M_d}{l} - \frac{M_k}{l}\,;\quad M_d \text{ ir } M_k$$

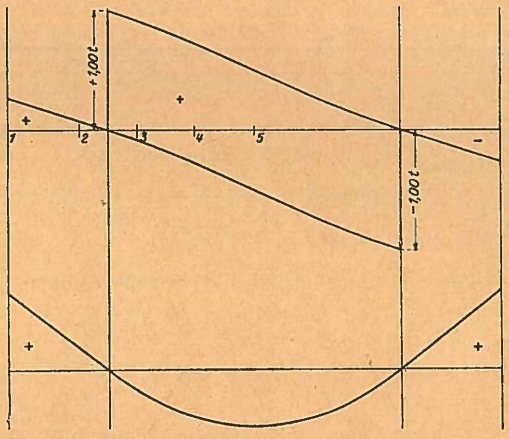
įstatomi su jų ženklu.

Papildomajam nariui $\frac{M_d - M_k}{l}$ gauname M_d dydžius iš įtakinės M_A^d, kuri yra veidrodinis atspindis M_B^k, o dydžius M_k^A tiesiog gauname:

Rėmo dalis ir krūvio padėtis		$M_d - M_B$	$M_k - M_A$	$M_d - M_k$	$\frac{M_d - M_k}{l}$
Konsolė	1	+ 1,160	— 2,094	+ 3,254	+ 0,267
	2	+ 0.332	— 0,598	+ 0,930	+ 0,076
Pėdžia	A	0,00	0,00	0,00	0,00
Rigelis	3	— 0,323	— 0,519	+ 0,196	0,016
	4	— 0,872	— 1,101	+ 0,229	0,019
	5	— 1,184	— 1,184	± 0,000	0,000

(Dėl simetrijos tenagrinėjami piūviai į kairę nuo simetrijos ašies).

Įtakinė skersinėms rigelio jėgoms parodyta 519 brėž., viršuje.



519 brėž.

Įtakinė skersinėms jėgoms pėdžioje:

Kadangi pėdžios negauna tiesioginio apkrovimo, tai jų skersinėms jėgoms surasti tegalioja minėtos formulės antrasis narys $\frac{M_d - M_k}{l}$. Šitie dydžiai kairiajai rėmo pusei yra apskaičiuoti ir sutraukti lentelėje:

(M_d dydžiai paimti iš M_A^a įtakinės, M_k — iš M_D įtakinės).

Rėmo dalis ir krūvio padėtis		$M_d = M^a_A$	$M_k = M_D$	$M_d - M_k$	$\frac{M_d - M_k}{l}$
Konsolė	1	+ 2,106	— 0,344	+ 2,450	+ 0,327
	2	+ 0,602	— 0,099	+ 0,701	+ 0,094
Pėdžia	A	0,00	0,00	0,00	0,00
Rigelis	3	— 0,519	+ 0,113	— 0,632	— 0,084
	4	— 1,101	+ 0,377	1,478	— 0,197
	5	— 1,184	+ 0,591	— 1,775	— 0,237

Dešiniąjai rėmo pusei dėl simetrijos gaunami tie patys dydžiai. Įtakinė linija, kuri vienu laiku galioja ir horizontalei rėmų skėtimo jėgai, yra parodyta 519 brėž. apačioje.

Maksimaliai skersinių jėgų dydžiai gaunami šių įtakinių ir apkrovimo schemos pagalba.

Piūvis dešinėje nuo pėdižos A:

$$+ Q_{max} = + [3{,}8 \cdot (1{,}0 + 0{,}735) + 0{,}75 \cdot 2{,}35] = + 8{,}36 \text{ t},$$
$$- Q_{max} = - [3{,}8 \cdot 0{,}308] = - 1{,}17 \text{ t}.$$

Piūvis „3“:

$$+ Q_{max} = + [3{,}8 \cdot 1{,}54 + 0{,}75 \cdot 1{,}68] = + 7{,}11 \text{ t},$$
$$- Q_{max} = - [3{,}8 \cdot 0{,}308 + 0.75 \cdot 0{,}06] = - 1{,}22 \text{ t}.$$

ir t. t., pavyzdžiui:

Piūvis rigelio viduryje:

$$+ Q_{max} = + [3{,}8 \cdot 0{,}695 + 0{,}75 \cdot 0{,}57] = + 3{,}07 \text{ t},$$
$$- Q_{max} = - (+ Q_{max}) = - 3{,}07 \text{ t}.$$

Pėdžių piūviuose visur gaunama vienoda skersinė jėga Q_{max}, nes pėdžia nėra netarpinai apkrauta. Tuo būdu:

$$+ Q_{max} = + \left[3{,}8 \cdot 0{,}376 + 0{,}75 \cdot \frac{0{,}327 \cdot 4{,}2}{2}\right] = + 1{,}945 \text{ t}^2$$
$$- Q_{max} = - [3{,}8 \cdot 0.431 + 0{,}75 \cdot 0{,}395] = - 1{,}931 \text{ t}.$$

Aukščiau gautieji Q_{max} pėdžiose dydžiai, paėmus juos su atvirkščiais ženklais, atstoja didžiausią horizontalę skėtimo jėgą paduose. Taigi:

$$+ H_{max} = + 1{,}931 \text{ t}, \quad - H_{max} = - 1{,}945 \text{ t}.$$

Konsolėje Q_{max} nuo paslankaus krūvio, atstu $(4{,}2 - 3{,}5) = 0{,}7$ m į kairę nuo A yra pastovus dydis; ji lygsta $2 \cdot 3{,}8 = 7{,}6$ t; toliau gi, ligi laisvojo konsolės galo veikia jėga $1 \cdot 3{,}8 = - 3{,}8$ t.

Skersinės rigelio jėgos nuo savojo svorio, turint galvoje, kad $M_d = M_k$, gaunamos su pirmu skersinės jėgos formulės nariu:

$$Q_A = Q_0 = \frac{g \cdot l}{2} = \frac{1{,}65 \cdot 12{,}175}{2} = + 10.05 \text{ t}.$$

Skersinės jegos pėdžioje:

$$Q = \frac{M_d - M_k}{1} = \frac{M_A^a - M_D}{1} = \frac{(-4{,}51) - (+2{,}256)}{7{,}5},$$

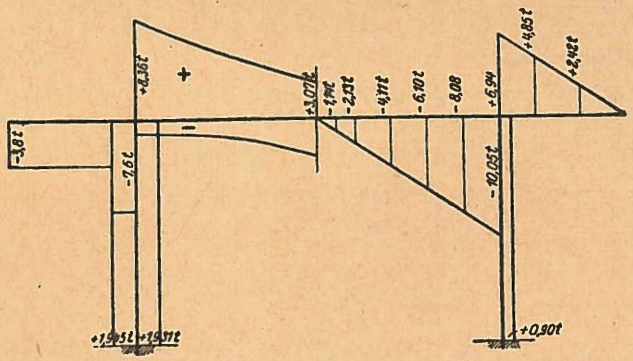
$$Q_A^a = -\frac{6{,}776}{7{,}5} = -0{,}90 \text{ t} - \text{pastovi}.$$

Konsolėje: $Q_A^d = g \cdot a = 1{,}65 \cdot 4{,}2 = -6{,}94$.

Maksimalių skersinių jėgų lentelė.

Rėmo dalis ir piūvis		Savasis svoris	Paslankus kruvis		Maksim. dydžiai	
			+	—	+	—
Konsolė	1	0,00	0,00	— 3,80	0,00	— 3,80
	2	— 4,85	0,00	— 3,80	— 4,85	— 8,65
	A^k	— 6.94	0,00	— 7,60	— 6,94	—14,54
Rigelis (kairė pusė)	A^D	+10,05	+ 8,36	— 1,17	+18,41	+ 8,88
	3	+ 8,08	+ 7,11	— 1,22	+15,20	+ 6,87
	4	+ 4,11	+ 4,99	— 1,53	+ 9,10	+ 2,58
	5	+ 0,00	+ 3,07	— 3,07	+ 3,07	— 3,07
Pėdžia	A^a	— 0,90	+ 1,95	— 7,93	+ 1,05	— 2,83

520 brėž. parodyta skersinės jėgos linija: dešinėje pusėje nuo savojo svorio, kairėje — nuo paslankaus krūvio.



520 brėž.

d) ***Kai kurių charakteringesnių piūvių skaičiavimas.***

Piūvio „5" rigelio vidury su maksimaliu teigiamu momentu:

$$M_{max} = +21{,}99 \simeq 22{,}0 \text{ tm}.$$

Imdami dėmesin armatūrą ir neskaitydami betono atsparumą traukimui, turime (512 brėž.):

$$x = \frac{\frac{187{,}5 \cdot 12^2}{2} + 10\,|6{,}28 \cdot 2{,}5 + 39{,}27 \cdot (56 - 4 \cdot 0)|}{187{,}5 \cdot 12 + 10\,|628 + 39{,}27|} = 12{,}6 \text{ cm},$$

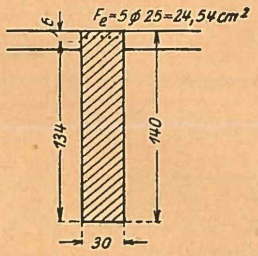
$$I_n = \frac{187{,}5 \cdot 12{,}6^3}{3} - \frac{157{,}5 \cdot 0{,}6^2}{3} + 10 \cdot 39{,}27 \cdot 39{,}4^2 + 10 \cdot 6{,}28 \cdot 10{,}1^2 =$$

$$= 740400 \text{ cm}^4,$$

$$\sigma_{bd} = \frac{2\,200\,000 \cdot 12{,}6}{740\,400} = 37{,}5 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_{ez} = 10 \cdot \frac{2\,200\,000 \cdot 39{,}4}{740\,000} = 1170 \text{ kg/cm},$$

$$\sigma_{ed} = 10 \cdot \frac{2\,200\,000 \cdot 10{,}1}{740\,400} = 300 \text{ kg/cm}^2.$$



521 brėž.

Didžiausiam neigiamam momentui $M_A^d = -35{,}26$ tm piūvy A virš pėdžios atsispiria 521 brėž. parodytas rigelio piūvis. Gauname:

$$x = \frac{n \cdot F_e}{b} - 1 + \sqrt{1 + \frac{2b(h-a)}{n \cdot F_e}} =$$

$$= \frac{10 \cdot 24{,}54}{30}\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot (140-6)}{10 \cdot 24{,}54}}\right] = 39{,}3 \text{ cm}.$$

$$\sigma_{bd} = \frac{2M}{x \cdot b\,(h' - x/3)} = \frac{2 \cdot 3\,526\,000}{39{,}3 \cdot 30 \cdot \left(134 - \frac{39{,}3}{3}\right)} = 49{,}6 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_{ez} = \frac{M}{F_e \cdot (h' - x/3)} = \frac{3 \cdot 526\,000}{24{,}54 \cdot (134 - 13{,}1)} = 1190 \text{ kg/cm}^2.$$

Vadinasi, piūvio išmieros pakankamos. Piūvis A pėdžioje turi atsispirti lenkimo momentui + centriniam (ašimi) spaudimui. Veikiąs į pėdžią spaudimas nustatomas iš įtakinės linijos skersinei jėgai piūvy dėšinėn nuo A, pasinaudodami apkrovimo schema. Gauname:

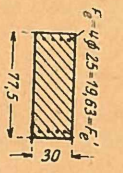
$$Q_A^d = +3{,}8 \cdot 1{,}09 + 0{,}75 \cdot 2{,}74 = +6{,}20 \text{ t}.$$

$$Q_A^k = 4{,}20 \cdot 0{,}75 = +3{,}15 \text{ t}.$$

Nuo paslankaus krūvio spaudimo jėga = 9,35 t,

Nuo savojo svorio $= \left(4{,}20 + \frac{12{,}175}{2}\right) \cdot 1{,}65 = 17{,}00$ t,

Bendras spaudimas N = 26,35 t.



522 brėž.

Lenkimo momentas M = — 14,23 tm.

Įtempimas surandamas grafišku būdu (nes x lygtys — trečio laipsnio) ir piūviui pagal 522 brėž. gauname:

$$\frac{M}{Nh} = \frac{14\,973\,000}{26\,350 \cdot 77{,}5} = 0{,}7\,,$$

$$\varphi = \frac{F_e}{bh} = \frac{19{,}63}{30 \cdot 77{,}5} = \frac{0{,}845}{100} = 0{,}845\ \%\,,$$

$$x = 38{,}6\ \text{cm}\,,$$

$$\sigma_{bd} = \frac{2N_x}{bx^2 + 2F_e n(2x-d)} = \frac{2 \cdot 26\,350 \cdot 38{,}6}{30 \cdot 38{,}6^2 + 2 \cdot 19{,}63 \cdot 10 \cdot (2 \cdot 38{,}6 - 77{,}5)} = 45{,}8\ \text{kg/cm}^2\,,$$

$$\sigma_{ez} = \eta\sigma_{bd}\frac{0{,}92h - x}{x} = 10 \cdot 45{,}8 \cdot \frac{0{,}92 \cdot 77{,}5 - 38{,}6}{38{,}6} = 388\ \text{kg/cm}^2\,,$$

$$\sigma_{ed} = \eta\sigma_{bd}\frac{x - 0{,}08h}{x} = 10 \cdot 45{,}8\frac{38{,}6 - 0{,}08 \cdot 77{,}5}{38{,}6} = 384\ \text{kg/cm}^2\,.$$

Tokiu pat būdu patikrinamas piūvis ties padu D.

e) *Šlities įtempimų ir išlenktų strypų skaičiavimas.*

Piūviui į dešinę nuo A iš maks. skersinių jėgų lenteles turime:

$$Q^d_{A\ max} = +\ 18{,}41\ \text{t}\,.$$

Rigelio piūviui, parodytam 521 brėž. gauname:

$$h_{zD} = h - a - \frac{x}{3} = 140 - 6 - \frac{39{,}3}{3} = 120{,}0\ \text{cm}\,,$$

kai $b = 30$ cm: $\tau_{max} = \frac{18410}{30 \cdot 120{,}9} = 5{,}1\ \text{kg/cm}^2\,.$

Piūviui ties rigelio viduriu:

$$Q = 3{,}07\ \text{t} \quad \text{ir} \quad h_{zD} \cong h - \frac{d}{3} = 60 - \frac{12}{3} = 56\ \text{cm}\,,$$

todėl: $$\tau = \frac{3070}{30 \cdot 56} = 1{,}83\ \text{kg/cm}^2\,.$$

Piūviui į kairę nuo A:

$$Q^k_{A\ max} = 14{,}54\ \text{t} \quad \text{ir} \quad \tau = \frac{14540}{10 \cdot 120{,}9} = 4{,}02\ \text{kg/cm}^2\,.$$

Pėdžiai:

$$Q^{pėdžia}_{max} = 2{,}83\ \text{t}\,.$$

Piūviui, parodytam 522 brėž.

$$h_{zD} = h - a - \frac{x}{3} = 77{,}5 - 3{,}5 = \frac{38{,}6}{3}\,,$$

$$h_{zD} = 74{,}0 - 12{,}87 = 61{,}13\ \text{cm}\,.$$

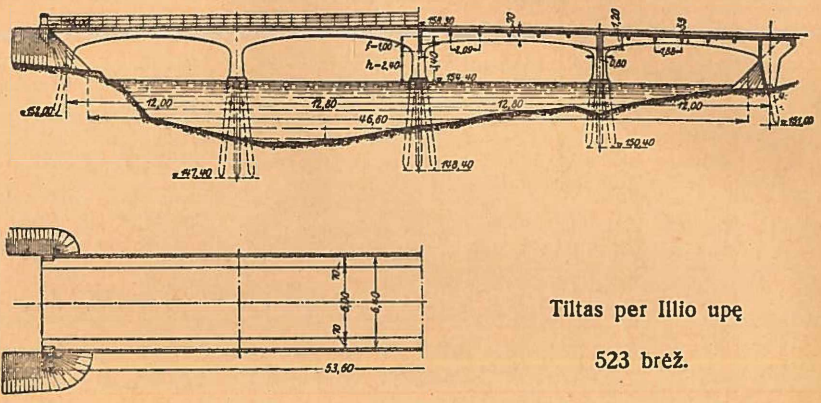
kai $b = 30$ cm,

$$\tau_{max} = \frac{2830}{30 \cdot 61{,}13} = 1{,}54\ \text{kg/cm}^2\,.$$

Šlities įtempimai visur žemesni negu 4,5 kg/cm² (pagal ankstyvesnes vokiečių normas), išskyrus rigelio piūvio kairėn nuo A. Projekte priimtas išlenktųjų geležių kiekis pilnai pakankamas įstrižiems įtempimams priimti.

f) *Kraštutinio rėminio balkio skaičiavimas* atliekamas tuo pat būdu, kaip ir vidurinio balkio, pasinaudojant jam išskaičiuotais momentais, kurie, tačiau, turi būti sumažinti padauginus iš atatinkamų koeficientų. Koeficientai esti kraštutinio ir vidurinio balkių 1-am m tenkančių apkrovimų santykis. Šitie koeficientai išskaičiuojami skyrium savajam svoriui, rato ir žmonių minios spaudimui ir iš jų dauginami atatinkami vidurinio balko momentai nuo savojo svorio ir vežimo bei žmonių minios spaudimo.

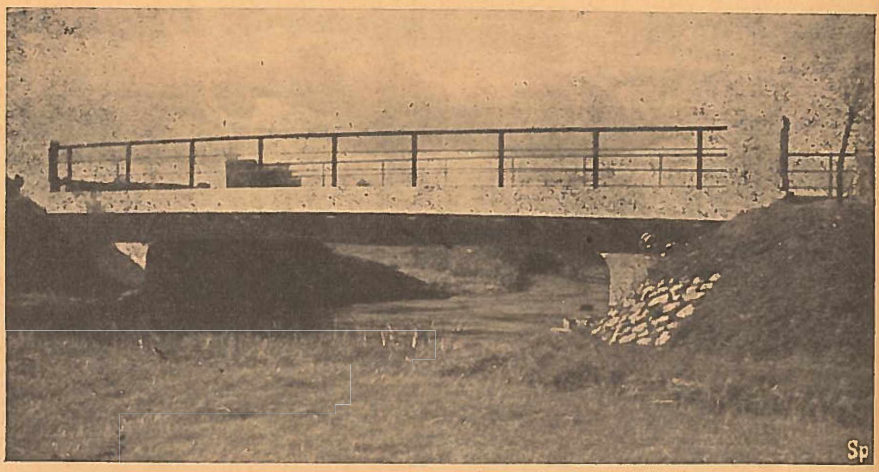
523 brėž. parodytas Vokietijoje per Illio upę pastatytas rėminis tiltas; jo angos 12 + 12, 8 + 12, 8 + 12 m. Sistema — nevie-



Tiltas per Illio upę

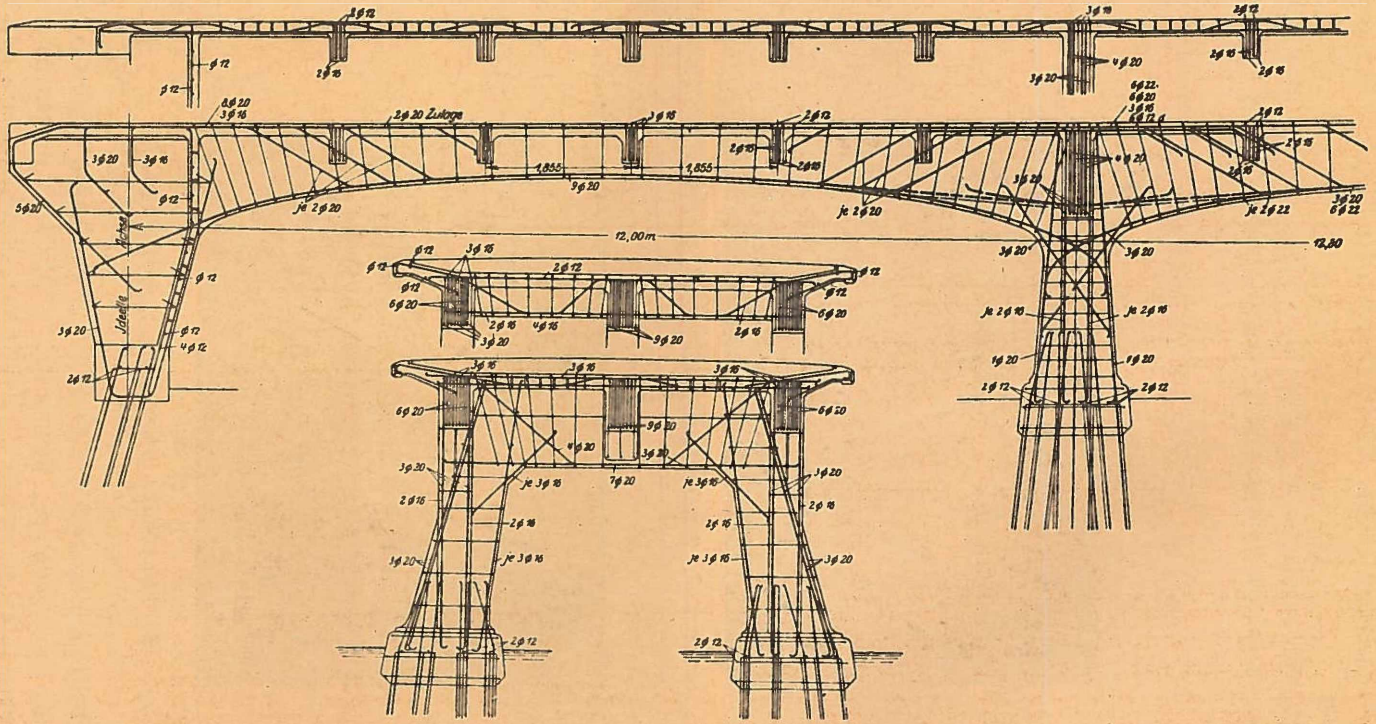
523 brėž.

nodo inercijos momento, ant elastiškai sukančiųjų tarp savęs sujungtų atramų nekarpytas rėminis balkis. Tilto piūvis irgi rėmas



525 brėž. Plento tiltas netoli Zarasų.

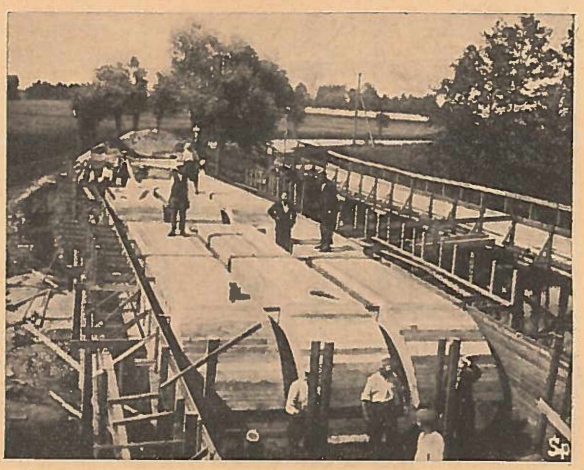
(524 brėž.). Atramos pastatytos ant gelžbetoninių polių ir tvirtai su jais sujungtos. Tokiu būdu gaunamas beveik monolitas.


2ϕ 20 Zuloge
12,00 m
12,80
Achse
Idealle
je 2ϕ 20
je 2ϕ 22
je 3ϕ 16
1,855
9ϕ 20
7ϕ 20
4ϕ 20
3ϕ 20
2ϕ 12
2ϕ 16
3ϕ 16
6ϕ 20
6ϕ 22
1ϕ 20
5ϕ 20
4ϕ 12
ϕ 12

524 brež.

Konstrukcija įdomi ir pigi. 524 brėž. parodyta išilginė ir skersinė armatūra.

525 brėž. atvaizduotas gražus 12 m angos rėminis tiltas, pastatytas jau keliose vietose Lietuvoje, pav. netoli Zarasų, Balbieriškyje.



529 brėž. Novos tilto klojiniai, reginys iš viršaus.

530 brėž. Novos tilto klojiniai, reginys iš šono.

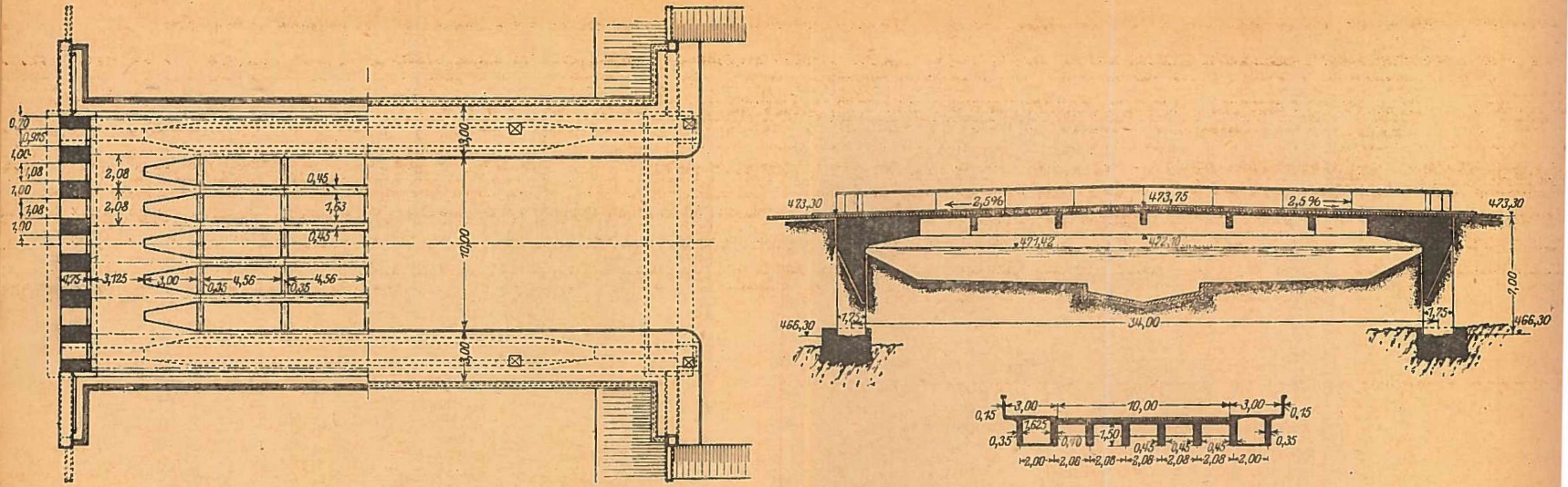
XVI brėžinių lape (526, 527 ir 528 brėž.) parodytas 1930 m. pastatytas per Novos upę, Naumiesčio — Šakių pl. ruože, rėminis dviejų angų tiltas, jo angos 2 × 12,40 m. Važiuojamosios dalies

platumas — 6,45 m, šaligatvių nėra. Skersiniame piūvyje 4 rėminiai balkiai per 1,75 m vienas nuo kito (528 brėž.). 527 brėž. parodyta rėmų armatūra ir jų piūviai. Pagal momentų veikimą ir jų ženklų pakeitimus išvesta ir plokšė, kuri leidžia mažus balkio aukščius, bet užtat reikalingi sudėtingi ir brangūs klojniai. Rėmų padai stovi ant šarnyrų, šarnyrai paprasti — iš geležies strypų. Sparnai padaryti be pamatų, bet armiruoti ir prijungti konsolių pavidalo prie balkių. 529 ir 530 brėž. parodyti tilto klojiniai tiek

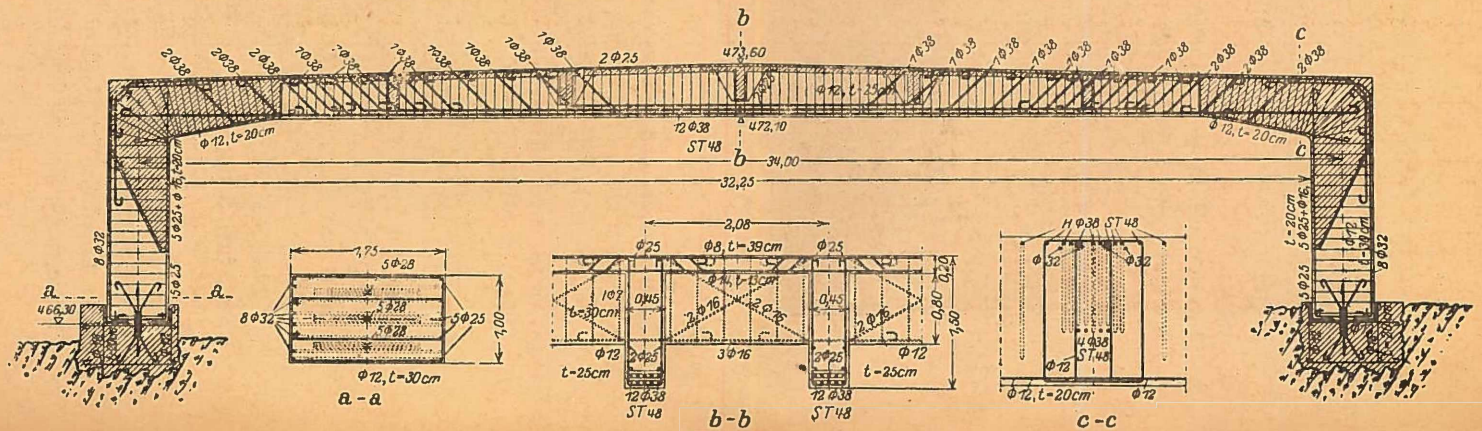
531 brėž. Novos tilto išvaizda.

iš viršaus, tiek ir iš šono, 531 brėž. bendras tilto vaizdas. Šitas tiltas yra labai ekonomiškos konstrukcijos, jam reikia žymiai mažiau, negu balkiniam paprastam tiltui betono ir turi grakščią išvaizdą. Panašūs tiltai Plentų ir Vandens Kelių Valdybos yra pastatyti ir kitose vietose.

532 ir 533 brėž. parodytas 1927 m. pastatytas per Saale upę, ties Hof miestu, Vokietijoje, rėminis 34,00 m angos tiltas. Šis tiltas yra labai platus — važiuojamoji dalis — 10 m pločio ir du šaligatviai po 3,00 m. Tiltas skiriamas dideliam priemiesčio eismui ir yra vienas iš didžiausių rėminių tiltų, kurie pastatyti Europoje. Jo konstrukcija yra labai įdomi ir joje atsispindi moderniška statiškai neišsprendžiamų konstrukcijų pažanga. Skerspiūvy tiltas turi 8 per 2,08 m viena nuo kitos briaunas; briaunų plotis — 45 cm, maksimalis aukštis 1,50 m. Plokštė eina ištisai per briaunas ir turi 20 cm storio. Kad galima būtų padėti gazo ir vendentiekio vamzdžius po šaligatviais, briaunos sujungtos apačioje plokšte. Dideliems neigiamiems momentams priimti, briaunos susieina į vieną betono bloką, tuo būdu gaunamas geras briau-

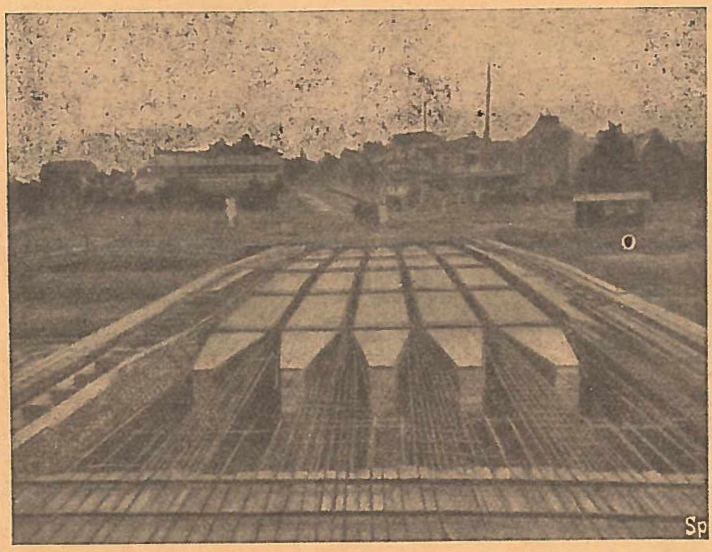


532 brėž. Tiltas per Saalės upę.

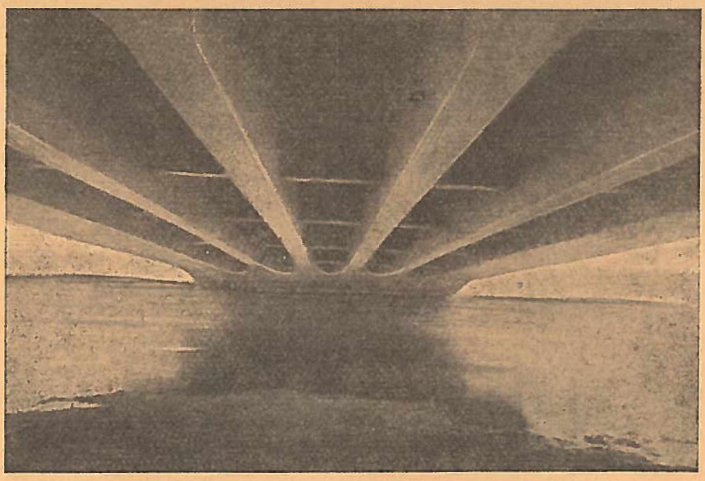


533 brėž.

nų paramose įtvirtinimas. Momentams mažėjant, vertikalė dalis vėl dalinasi į atskiras paramas, kurios stovi ant pastatytos ant



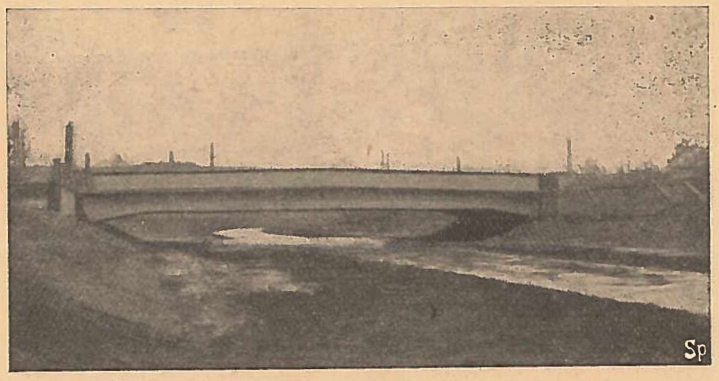
534 brėž. Tiltas per Saalės ūpę, klojiniai.



535 brėž. Tiltas per Saalės upę, reginys iš apačios.

uolos bendros gelžbetoninės plokštės. Apskaičiuotas — kaip I kategorijos tiltas. Momentas tilto viduryje 257,7 tm; $\sigma = {}^{60}/_{1250}$

kg/cm², kampuose — M = — 403 tm $\sigma = {}^{50}/_{1500}$ kg/cm². Briaunų svarbioji armatūra padaryta iš 48 Nr. plieno. 533 brėž. pa-

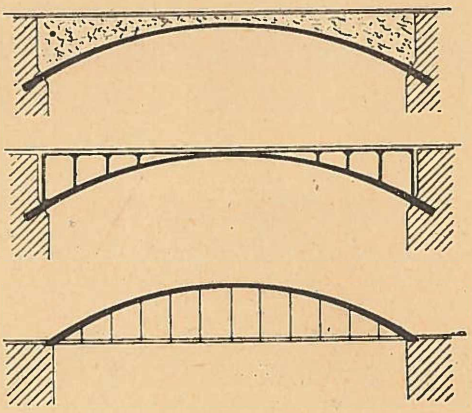


536 brėž. Tilto per Saalės upę vaizdas.

rodyta rėmų, šarnyrų armatūra ir jų piūviai. Armatūra ir klojiniai matomi ir 534 brėž. 535 brėž. parodytas pastatytas tiltas iš apačios, 536 brėž. — bendras tilto vaizdas.

83. Arkiniai tiltai

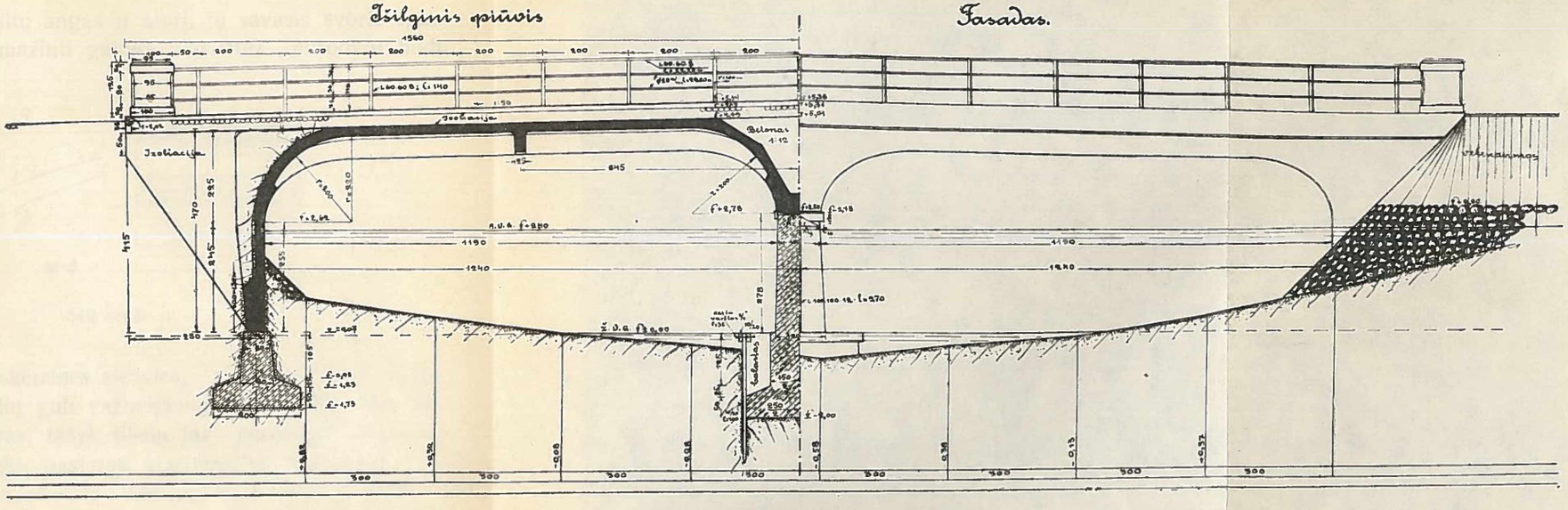
Arkiniai tiltai, paprastai, esti dviejų rūšių: su važiavimu viršumi ir apačia. Arkos gali būti su ištisomis šoninėmis sienelėmis



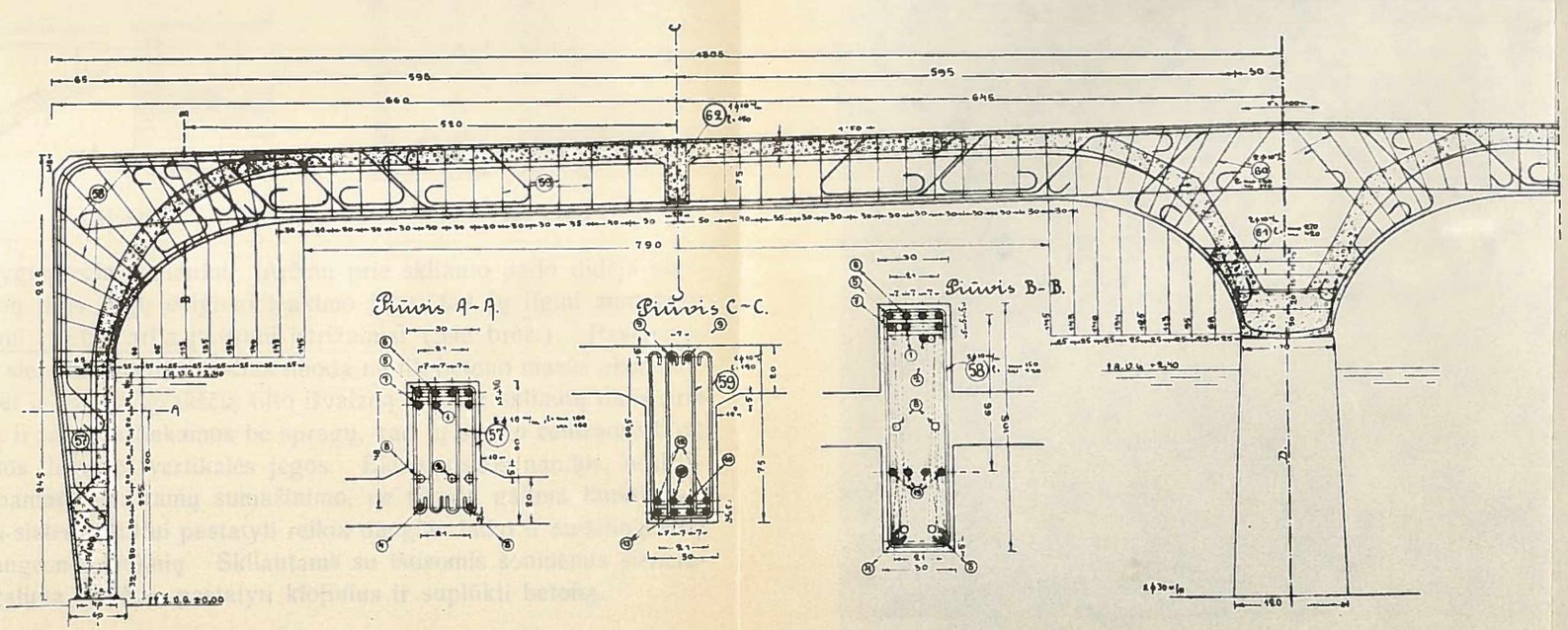
537 brėž., 538 brėž. ir 539 brėž.

(537 brėž.), su viršarkiniu statiniu (538 brėž.), ar su pakabinama važiuojamąja dalimi (539 brėž.). Juo didesnė anga, mažesnė

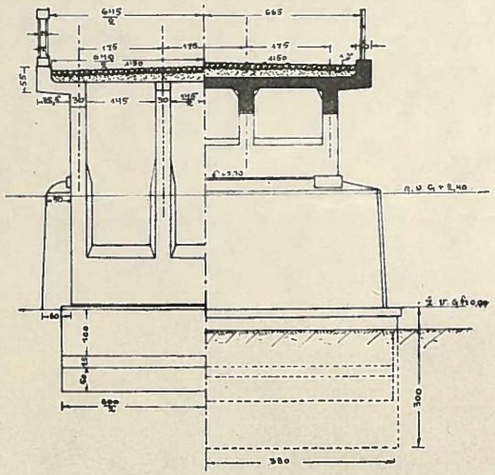
NOVOS TILTAS



526 brėž.



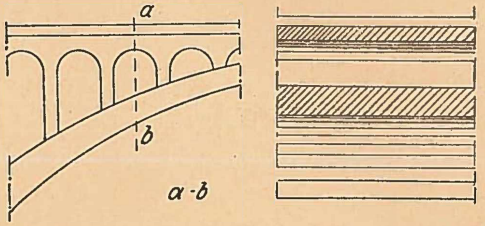
527 brėž.



528 brėž.

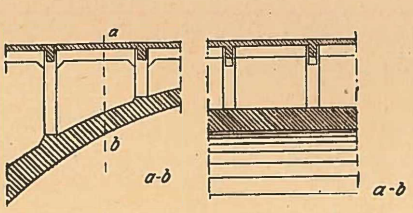
pakila ir blogesnis gruntas, tuo daugiau reikia stengtis tilto svorį sumažinti.

Didinant arkinių tiltų angas ir storį, jų savasis svoris sparčiai didėja. Svoriui sumažinti galima 540 brėž. nurodytu būdu

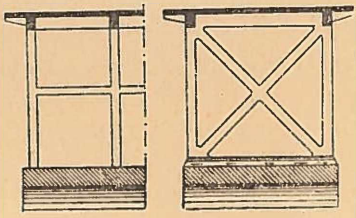


540 brėž.

pastatyti ant skliauto skersines sieneles, sujungus jas viršuje skliautėliais; ant sienelių guli važiuojamoji dalis. Kai tarp sienelių yra didesnis tarpas, tąsyk tikslu jas perdengti briaunine plokšte, o vieton sienelių pastatyti statramsčius (kolonas) (541 brėž.). Kai sienelės pasiskirsto į atskirus statramsčius, tada važiuojamoji dalis esti ištisa brauninė plokštė, kurios svarbieji balkiai



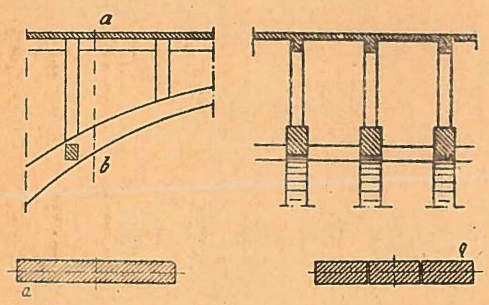
541 brėž.



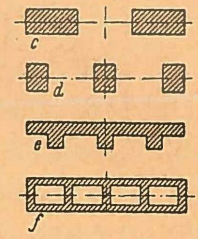
542 brėž.

eina lygiagrečiai skliautui. Arčiau prie skliauto pado didėja statramsčių ilgis ir jų išilginio lenkimo jėga, tad jų ilgiui sumažinti įstatomi rigeliai arba įtaisomi įstrižainiai (542 brėž.). Paskirstymas į sieneles ar statramsčius duoda ne tik betono masės ekonomijos, bet ir lengvą, grakščią tilto išvaizdą. Tačiau skliautų dalis prie ramtų ir taurų paliekamos be spragų, kad jų svorio centruose būtų pridėtos didesnės vertikalės jėgos. Ekonomiškos naudos, neskaitant pamatų ir atramų sumažinimo, ne visada galima laukti, nes tokios sistemos tiltui pastatyti reikia daugiau laiko ir sudėtingesnių ir brangesnių klojinių. Skliautams su ištisomis šoninėmis sienelėmis galima greičiau pastatyti klojinius ir suplūkti betoną.

Kad daugiau sumažinus arkinių tiltų svorį, skliautas dalinamas į atskiras briaunuotas arkas, į kurias krūvis perduodamas atskirais statramsčiais. Arkų šoniniam lenkimui išvengti, dedami skersiniai sujungimai (rigeliai) (543 brėž.). 543 a - f brėž. parodyta įvairios formos, kurias gali turėti arkos piūvis: a) ištisas, b) sukarpy-



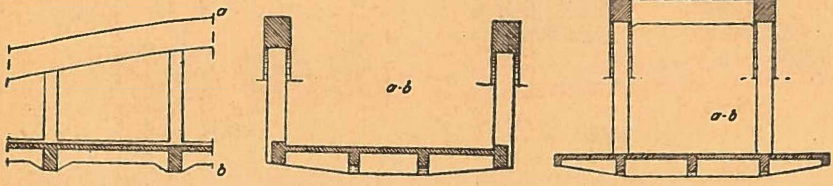
543 a, b brėž.



543 c—f brėž.

tas išilginėmis rievėmis, c) dviejų lankinių juostų; d) atskirų lankinių balkių, e) briaunuota plokštė, f) tuščiaviduris piūvis.

Kur konstrukcinio aukščio neužtenka, ten statomos arkos su važiavimu apačia (544 brėž.). Kai geras gruntas, tada važiuojamoji dalis pakabinama, o kai nepatikimas gruntas, tada važiuojamoji dalis įtempiama ir tarnauja kaip styga.



544 brėž.

Pagal statišką veikimą arkiniai tiltai skirstomi į bešarnyrinius ir su šarnyrais. Apie bešarnyrines arkas buvo jau kalbeta mažesnius tiltus nagrinėjant. Bešarnyrinė arka statiškai tris syk neišsprendžiama, tiksliai jų apskaičiuoti tegalima elastiškumo teorijos pagalba, bet šis skaičiavimo būdas reikalauja žinoti visas arkos išmieras, tad patariamas toks skaičiavimo būdas:

1. Arkos išmieros parenkamos formulėmis,
2. Arka nagrinėjama pagal spaudimo linijos teoriją,

3. Arka patikrinama pagal elastiškumo teoriją.

Pagal elastiškumo teoriją patikrinamos bendrai arkos, didesnės kaip 20 m angos.

Šarnyrinių arkinių tiltų skliautai gali būti su vienu, dviem ar trimis šarnyrais. Su vienu šarnyru spynoje arkos mažai vartojamos, su dviem šarnyrais — tik su važiavimu apačia.

Dviejų šarnyrų arkos su važiavimu apačia ir su styga — vieną syk statiškai neišsprendžiamos. Kaip statiškai nežinomą dydį įvedama horizontalė skėtimo jėga H. Dviejų šarnyrų arkos su styga gerai atsisipiria temperatūros veikimui, duoda tik vertikales atramines reakcijas.

Trijų šarnyrų arkos skiriasi nuo kitų arkinių sistemų savo statišku išsprendžiamumu. Per tris šarnyrus spaudimo linija turi pereiti prie kiekvieno apkrovimo, tad veikiantieji arkoje įtempimai ne pareina nuo arkos elastiško veikimo. Todėl trijų šarnyrų arka nepasiduoda temperatūros veikimui ir atramų nusėdimams, nes tokia arka, dėka šarnyrų, seka visus tuos judėjimus. Bet kad būtų patenkinti statiški reikalavimai, reikia, kad šarnyruose nebūtų trinties. Spaudimo linija braižoma tokia pat tvarka, kaip ir paprastai bešarnyriniai arkai; kai pusė arkos apkrauta laikinuoju krūviu, o kita pusė neapkrauta, tai spaudimo linija turi eiti per duotus tris taškus. Trijų šarnyrų arkos pasižymi pastorinimu ¼ ir ¾ angos piūvių. Trijų šarnyrų arkai, tačiau daugiau reikia betono, negu kitos sistemos arkoms.

84. Didžiųjų arkų skaičiavimas

Dėl tilto savojo svorio ir laikinojo krūvio veikimo, arkų piūviuose gaunami nuo centrinės gniužinamosios jėgos ir lenkiamojo momento normalūs (piūviui statmeni) įtempimai ir skeliamieji įtempimai. Pastarieji, paprastai, esti nežymūs, tad neskaitomi. Nustačius atramines reakcijas, galima surasti centrines normales piūviui gniužiamąsias jėgas N ir lenkimo momentus M piūvių svorio centro atžvilgiu. Gelžbetoniniams tiltams dažnai taikomos trijų šarnyrų arkos, tad jas pravartu smulkiau panagrinėti. Šiuo atsitikimu atraminės reakcijos statiškai išsprendžiamos. Tokias arkas apskaičiuojant, tenka spręsti vieną šių dviejų uždavinių:

1. Surasti arkoje įtempimą, esant tam tikrai krūvio padėčiai. Mažoms ir didelėms masyvioms akmeninėms ir betoninėms arkoms tokio apskaičiavimo pakanka, tąsyk laikinuoju krūviu ap-

kraunama pirmą syk visa anga, antrą syk pusė angos. Šiems apkrovimams išbraižoma spaudimo kreivoji.

Vidutinio didumo angų, pav., nuo 20 ligi 50 m, arkas ir visas gelžbetonines, kai jų išmieros nustatomos be atsargos, reikia apskaičiuoti pagal antrąjį būdą, būtent:

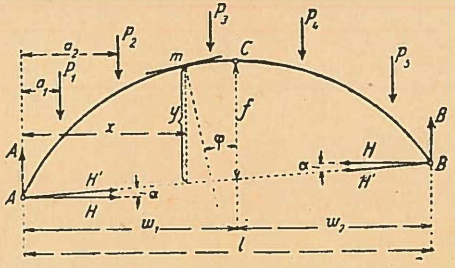
2. Surasti nenaudingiausią arkai apkrauti krūvio padėtį ir didžiausiąjį joje įtempimą. Kas dėl spaudimo kreivosios, tai gelžbetoninėms arkoms, kurioms galimi žymūs tempiamieji įtempimai, vadinasi, didelis kreivosios nuo arkos ašies nukrypimas, jos išbraižymas neturi reikšmės.

Trijų šarnyrų arka.

Kai jėgų P_1, P_2... veikiama (545 brėž.) arka lieka pusiausvyroje, tąsyk:

$$A = \frac{1}{l}\sum_0^l P(l-a); \quad B = \frac{1}{l}\sum_0^l Pa;$$

Vadinasi, vertikalės reakcijos pade tokios pat, kokios esti paprastame tos pat angos balkyje, kurį veikia toks pat krūvis.



545 brėž.

Dėl kairiosios arkos ligi šarnyro C dalies pusiausvyros gauname:

$$A\,w_1 - \sum_0^{w_1} P(w_1 - a) - H'.f.\cos\alpha = 0.$$

Pirmieji du nariai atstoja lenkimo momentą piūvyje w_1 po šarnyru angos l balkiui; šį momentą pažymėsim M_c; trečiąjį narį galima taip parašyti: $H'\cos\alpha$. arba H.f; tąsyk:

$$M_c' - H.f = 0, \quad \text{iš kur} \quad H = \frac{M_c'}{f}.$$

Reikia atminti, kad šiuo atsitikimu H nėra atraminės reakcijos sudedamoji, surišta su A arba B, — tokia yra H'; tai yra pagalbinis dydis, — ji horizontalus arkos skėtimas:

$$H = H' \cos \alpha .$$

Bet kuriam piūviui m su koordinatėmis x ir y (čia y taikomas stygai, kuri jungia arkos padus), gauname lenkimo momentą, vadinasi, piūvio kairėje pusėje veikiančiųjų jėgų momentą:

$$M = Ax - \sum_0^x P\,(x - a) - Hy .$$

Pirmieji du nariai esti M_x', paprastam angos l balkiui, vadinasi:

$$M = M_x' - Hy \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Projektuodami esamas piūvio m kairėje pusėje jėgas į arkos ašies tame piūvyje liečiamąją, gauname normalę jėgą:

$$N = A \sin \varphi - \sum_0^x P . \sin \varphi + H' \cos \alpha \cos \varphi + H' \sin \alpha . \sin \varphi .$$

arba $$N = (A - \sum_0^x P) \sin \varphi + H \cos \varphi + H \operatorname{tg} \alpha . \sin \varphi \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Simetriškai arkai $\alpha = 0$, $H' = H$.

$$M = M_x' - H y; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$N = (A - \sum_0^x P) \sin \varphi + N \cos \varphi \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Įtempimai arkoje surandami pagal Navje formulę:

$$\sigma = \frac{N}{\omega} \pm \frac{Mz}{I} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Kai arka tiesiakampio piūvio, jos storis d, ir skaičiavimui paimta arkos juosta pločio = 1, tąsyk gauname:

$$\sigma = \frac{N}{d} \pm \frac{6M}{d^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Spaudimo kreivoji gali būti išvesta nepriklausomai nuo ankstyvesnio apskaičiavimo, tam tikslui veikiančioms išorinėms jėgoms P reikia išbraižyti virvinį daugiakampį, kuris pereitų per arkos šarnyrus. Arkos rievių (normalių arkos ašiai piūvių) su atitinka-

momis virvinio daugiakampio kraštinėmis persikirtimas duoda spaudimo kreivosios taškus. Jėgų daugiakampis duoda skėtimo ir reakcijų dydį; virvinio daugiakampio šonai duos spaudimo R į rievę kryptį (546 brėž.); suskirstę R į dvi jėgas, galime gauti dydį N ir išmatavę svirtį, išskaičiuojame momentą:

$$M = N\eta,$$

o paskui, pagal formulę (6) įtempimą.

Tuo būdu grafiškai galima išspręsti visą uždavinį. Tačiau jį galima išspręsti ir analitiškai; tąsyk prie ankstybesnių formulių reikia pridėti analitišką spaudimo kreivosios sudarymą .Matematiškai išspręsti uždavinį galime suradę ordinates η, link arkos ašies (546 brėž.). Kadangi

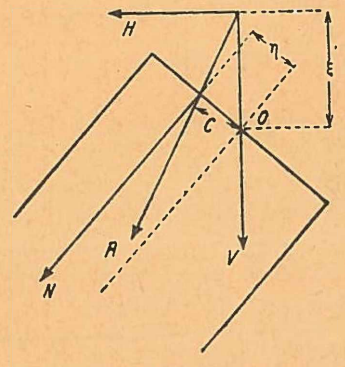
$$M = N\eta.$$

tai, pagal esamus momentus (1) galima surasti:

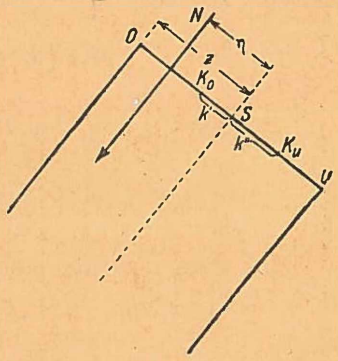
$$\eta = \frac{M}{N}$$

ir nužymėti brėžiny spaudimo kreivosios taškus.

Įtakinė linija. Kas dėl antrojo uždavinio, vadinasi, surasti arkoje didžiausius įtempimus, kai arka nenaudingiausiai apkrauta,



546 brėž.



547 brėž.

tai toks uždavinys išsprendžiamas, bendrai, įtakinės linijos būdu. M ir N įtakinės linijos kiekviename parinktame piūvyje sudarymas nepasiekia tikslo, nes šios dvi įtakinės linijos duoda skirtingas apkrovimo rības. Įtempimų dydis nustatomas vienalaikiu M ir N

dydžiu, paėmus nenaudingiausią angos apkrovimą, kurį galima nustatyti pagal piūvio branduolio taškus. Dvinarinę formulę (5) galima paversti į vienarinę. Sakysim (547 brėž.) piūvio branduolio taškai K_0, K_u, jų ligi centro svorio S atstumas atitinkamai k', k'', jėga N pridėta atstumu η nuo svorio centro; $M = N\eta$; galima parašyti:

$$\sigma_0 = \frac{N}{\omega} + \frac{M_z}{I} = \frac{N}{\omega}\left(1 + \frac{\eta^2}{r^2}\right) = \frac{N}{\omega r^2}(r^2 + \eta z^2) = \frac{N}{I}(r^2 + \eta z),$$

kur r — inercijos radijusas ($I = \omega r^2$); einant piūvio branduolio teorija:

$$r^2 = k'' z, \text{ tąsyk:}$$

$$\sigma_0 = \frac{N}{I}(k'' + \eta)z = \frac{M_u z}{I}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

kur $M = N(k'' + \eta)$ branduolio momentas, vadinasi, išorinių jėgų momentas link piūvio branduolio taško. Viršutiniam pluoštui (arkos kraštui) O reikia imti momentas link apatinio branduolio taško K_u. Tokiu pat būdu surasime apatiniam pluoštui U įtempimą:

$$\sigma = \frac{M_0 z}{I}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9$$

kur M_0 — momentas link viršutinio branduolio taško K_0.

Jei sudaryti įtakinės linijas branduolio momentams M_u ir M_0 (548 brėž.), tai tada gausime ieškomasias apkrovimo (krūvio išdėstymo) ribas, o pertat ir pačių momentų M_0 ir M_u dydžius ir pagal formules (8) ir (9) įtempimus. Tatai ir daroma, kai apskaičiuojama vienarūšės medžiagos arkos. Paprasčiausiu būdu įtakinės linijos gaunamos turint galvoje, kad, kai žinomi jų nuliniai taškai (po atraminiais šarnyrais ir po linijų AK_0 arba AK_u su atraminių spaudimų linija CB persikirtimo taškais E_0 ir E_u), pakanka nustatyti tik vieną ordinatę kiekvienai linijai; patogu šitą ordinatę paimti po spynos šarnyru C, o, kad surasti ją visoms įtakinėms linijoms, reikia apsloginti spyną krūviu = 1, surasti atramos A reakcijas ir paimti jų momentus link visų nagrinėjamų piūvių taškų K_0 ir K_u.

Pagal formulę (1) bendru atsitikimu ieškomieji momentai bus:

$$M_k = M_{x'} - Hy,$$

kur H — horizontalus skėtimas, lygus $\frac{M_{c'}}{f}$, o esant apslogintai spynai —

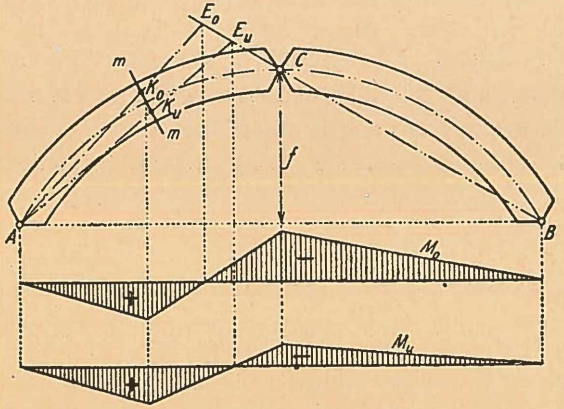
$$M_{c'} = \frac{w_2 \cdot w_1}{l}.$$

Vadinasi:

$$H = \frac{w_2 \cdot w_1}{lf}.$$

Momentas $M_{x'} = \frac{w_2 x}{l}$, kur x — taško K abscisė; tuo būdu:

$$M_k = \frac{w_2}{l}\left(x - \frac{w_1}{f} \cdot y\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$



548 brėž.

kur y — ypatinga taško K ordinatė (ligi linijos AB).

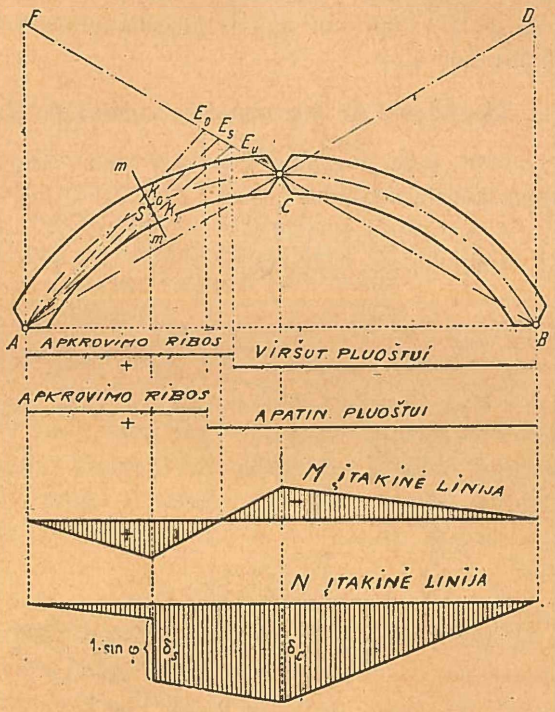
Simetriškai arkai su padais vienodame aukštyje $\left(w_1 = w_2 = \frac{1}{2}\right)$:

$$M_k = \frac{1}{2}\left(x - \frac{1}{2f} \cdot y\right); \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Bet gelžbetoninėms arkoms šitokiu keliu galima eiti, nustačius žinomu būdu piūvio inercijos momentą I, jei tik tada arkoje nėra tempiamųjų įtempimų. Jei piūvyje pasireiškia traukinio įtempimai tai dirbamojo piūvio inercijos momentas nežinomas, nes nežinomas betono veikiamasis (dirbamasis) piūvis, numatant, kad jis traukimui ne atsispiria. Galima surasti įtempimus pagal M ir N,

kur M — apskritai imant, momentas link kai kurio taško, į kurį perkelta jėga N; bet branduolio momentų vartojimas neduoda apskaičiuotų N dydžių. Juos, žinoma, galima apskaičiuoti pagal formulę (4). Tada nelygiai paskirstytam gniužimui formules reikia atitinkamai pakeisti pagal turimą jėgos N padėtį (ne balkio viduryje, bet branduolio taške). Tačiau patogiau pasinaudoti esamomis formulėmis, būtent:

1) Surasti branduolio momentams apkrovimo ribas, tam, kaip matysim, nereikia sudaryti įtakinės linijos, bet tiktai surasti jos nulinį tašką — krūvio perskirimo tašką; jis ir nustato apkrovimo ribas,



549 brėž.

2) sudaryti įtakinę liniją M ir N, paimtų piūvio svorio centro link (jo vidurio link, jei simetriškas piūvis); pagal šitas įtakines linijas ir anksčiau nustatytas apkrovimo ribas surasti reikalingus dydžius M ir N — pirmą syk viršutiniam pluoštui, antrą syk apatiniam (pagal antrąją apkrovimo ribą).

Aišku, kad įtakinės linijos nulinis taškas momentui link bet

kurio taško K, paimto trijų šarnyrų arkos piūvyje mm yra ant persikirtimo linijų AK ir BC (549 brėž.). Tuo būdu apkrovimo ribos labai paprastai surandamos. Įtakinė linija M surandama pagal žinomus nulinius taškus (po atraminiais šarnyrais ir po atraminių spaudimų linijos tašku E) ir pagal ordinatę C po viduriniu šarnyru. Ankstyvesne formulę (10) ordinatė lygsta:

$$M = \frac{w_2}{l}\left(x - \frac{w_1}{f}y\right),$$

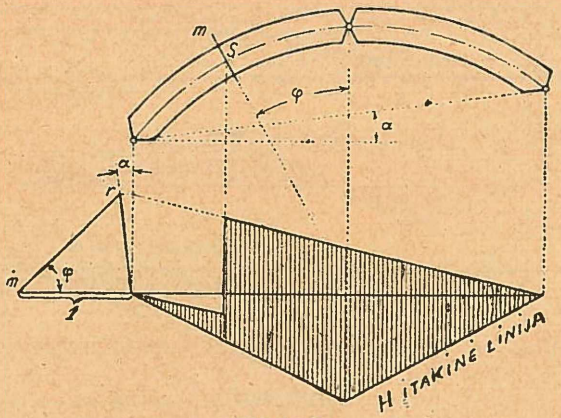
kur x ir y — paimti piūvių svorio centrams.

Kas dėl normalės jėgos įtakinės linijos, tai bendru trijų šarnyrų arkos su padais įvairiame aukšty atsitikimu (550 brėž.) gauname pagal formulę (2):

$$N = Q \cdot \sin\varphi + H(\cos\varphi + \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\varphi) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

kur Q — skersinė jėga paprastam balkiui tokios angos l ir taip pat apkrautam, kaip arka, arba

$$N = \frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos\alpha}\left(Q\frac{\sin\varphi \cdot \cos\alpha}{\cos(\varphi - \alpha)} + H\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$



550 brėž.

Įtakinė linija susidaro iš įtakinės trikampio pavidalo linijos H ir įtakinės linijos Q — skersinės jėgos paprasto balkio su ordinatėmis, padaugintomis iš pastovaus skirtam piūviui skaitmens $\frac{\sin\varphi \cdot \cos\alpha}{\cos(\varphi - \alpha)}$. 550 brėž. parodytas čia minimų linijų išbraižymas.

Užbraukytas plotas parodo ieškomosios įtakinės linijos schemą; kad gavus įtakinę liniją, reikia padauginti jos charakteringesnes ordinates iš $\frac{\cos(\varphi-\alpha)}{\cos\alpha}$ arba paimti matavimų vienetu atkarpą mr, kuri lygsta $\frac{\cos\alpha}{\cos(\varphi-\alpha)}$. Atidėję nuo horizontalės ašies charakteringesnes ordinates, gauname įtakinę liniją N (549 brėž.).

Apskaičiuojant įtakinės linijos ordinates reikia kiekvienai linijai nustatyti po dvi ordinates δ_c ir δ_p (549 brėž.), tam reikia pagal formulę (12) apskaičiuoti N visiems piūviams krūviui P=1, kuris pirmą syk pastatomas spynoje, antrą syk virš piūvio svorio centro. Vertikalės įtakinės linijos slenkstis yra lygus $1.\sin\varphi$.*)

85. Arkų formos parinkimas ir svarbiausiųjų dydžių nustatymas

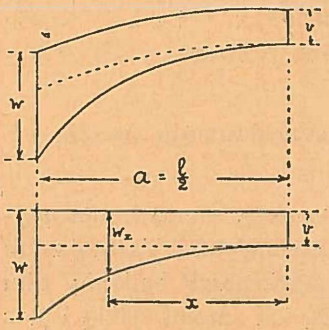
Užsidavę pagal tam tikras formules arkos, ramtų ir taurų išmieromis, patikriname jas apytikriu skaičiavimu. Važiuojamoji dalis ir viršarkinis statinys gali būti nagrinėjami balkinių tiltų skiltyje nurodytu būdu. Ramtus ir taurus, kai surasti veikią į juos įtempimai, patikrinti yra paprastas statikos uždavinys. Kur kas sudėtingesnis arkų išmierų patikrinimas, tad čia jas smulkiau panagrinėsime.

80 § buvo nurodyta, kad arkos parenkamos tokios formos, kad spaudimo kreivoji nuo pastovaus krūvio, trijų šarnyrų arkai sutaptų su arkos viduriu; ją sutrumpintai pavadinsime arkos ašimi; taip pat buvo nurodytos kreivosios, kuriomis reikia vadovautis ieškomajai spaudimo kreivajai surasti. Žinoma, yra atsitikimų, kada surasta spaudimo kreivoji tiek žymiai skiriasi nuo pirmojo arkos formos parinkimo, kad tenka sudaryti naują spaudimo kreivąją pagal ištaisytą arkos formą; dažniausiai tatai gali atsitikti tada, kai esti didelės pakilos arkos, su didesne kaip 1:4 strėle.

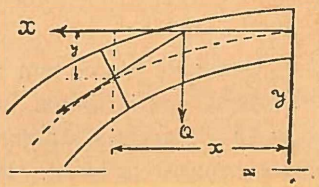
Trijų šarnyrų arka. Laikydami parengiamam skaičiavimui tą ar kitą kreivąją arkos ašimi, nustatome apytikrias arkos išmieras. Trijų šarnyrų arkoms reikia pasirinkti storį spynoje, pade ir ¼ angos (ketvirčiuose). Storis, kurį galima paimti pagal esamų tiltų davinius, padeda nustatyti pirmosius skaičiuojamosios angos l ir

*) Papildomų arkų skaičiavimo žinių galima rasti prof. S. Grinkevičiaus knygoje „Mediniai tiltai“ 1929 m.

strėlės f apytikrius dydžius. Paskui paprastu būdu redukuojame pastovų apkrovimą ant arkos aukščiau spynos ir padų į arkos medžiagą, tolygiai jį po arką paskirstant; paskutinįjį reikia numatyti tada, kai esti viršarkinis spraguotinis statinys. Arka imame nagrinėti vieneto pločio (skersai tilto). Jei turime briaunuotą arką, tai visa tai išskaičiuojame vieneto pločio briaunai; išskaičiuotas arkos storis lygs briaunos aukščiui, o briaunos plotis, kol kas, pasiliks toks, koksai buvo nustatytas pagal esamųjų tiltų davinius. Sakysim simetriškai arkai redukuoto spynoje apkrovimo aukštis, įskaitant skliautą — v, pade — w (551 brėž.); iš to apkrovimo gali-



551 brėž.



552 brėž.

ma atskirti tolygaus apkrovimo v juostą; tebelieka dar kai kuriuo plotu, kurio ordinatė spynoje lygsta nuliui, o pade w — r, atvaizduojama dalis; šitą plotą galima apibrėžti viršuje tiesiąja, o apačioje parabole su vertikale ašimi ir viršūne arkos spynoje.

Tada turime:

tolygaus apkrovimo plotas $v.a$;

jo momentas pado link: $\frac{v.a^2}{2}$;

likusiojo apkrovimo plotas $\frac{(w-v).a}{3}$; svirtis $\frac{a}{4}$;

jo momentas pado link $\frac{(w-v)a^2}{12}$.

Nuo pastovaus krūvio skėtimas bus:

$$H_q = \frac{a^2}{12f}(5v+w); \quad \ldots\ldots\ldots \quad (a)$$

čia jis išreikštas vienetu svorio, kuris lygsta arkos medžiagos m^3 svoriui. Palikdami priimtą pastovaus krūvio paskirstymą, galime

apytikriai nustatyti spaudimo kreivosios taškų ordinates y, ir tuo tiksliau, juo gulstesnė arka, nes žemiau paduodamose lygtyse vieton radialinės rievės (552 brėž.), imama vertikalė. Turime:

$$y = \frac{M}{H_q},$$

kur H_q — pagal formulę (a), M — arkos dalies x pastovaus krūvio Q momentas link vertikalaus piūvio x. Tąsyk:

$$M = \frac{x^2}{12}(5v + w_x),$$

kur w_x — krūvio piūvyje x ordinatė (551 brėž.); ji taip išreiškiama:

$$w_x = v + \frac{(w - v)x^2}{a^2} = v(1 - k^2) + wk^2,$$

kur $k = x:a$.

Kai $x = \frac{a}{4}$, $k = 0{,}25$,

$$w_x = 0{,}94\,r + 0{,}063\,w,$$

$$y = \frac{a^2}{192\,H_q}(5.94\,v + 0{,}063\,w) \quad \cdots\cdots \quad (b)$$

kai $x = \frac{a}{2}$, $k = 0{,}5$,

$$w_x = 0{,}75\,v + 0{,}25\,w,$$

$$y = \frac{a^2}{48\,H_q}(5{,}75\,v + 0{,}25\,w) \quad \cdots\cdots \quad (c)$$

kai $x = \frac{3a}{4}$, $k = 0{,}75$,

$$w_x = 0{,}437\,v + 0{,}563\,w,$$

$$y = \frac{3a^2}{64\,H_q}(5{,}437\,v + 0{,}563\,w).$$

Pagal penkis taškus pusarkei galima nubrėžti lanko pavidalo kreivąją, pereinančią per taškus, ir tolimesniam skaičiavimui laikyti ją arkos ašimi.

Skėtimas H_p nuo laikinojo krūvio (žmonių minios ir sunkvežimio) lengva surasti pagal įtakinę liniją, kuri yra trikampio pavidalo su baze 1 ir aukščiau $\frac{1}{4f}$ (žiūr. aukščiau).

Pilnas skėtimas $H = H_q + H_p$ duoda tokį arkos spynoje storį:

$$e = \frac{H}{\sigma_b};$$

Čia σ_b — duotas leidžiamas betonui įtempimas. Kai imama dėmesin geležies atsparumas gniužimui, storis bus:

$$e = \frac{H}{\sigma_b(1 + 15 . 0{,}01 . p)},$$

kur p — geležies kiekis arkos piūvio spynoje ploto %, pirmam prisiartinimui galima imti $p = 0{,}5$ ištisoms arkoms ir $p = 1{,}0$ briaunuotoms arba atskiroms arkoms.

Surandame arkos padė spaudimo vertikalinę sudedamąją A_p, kaip paprasto balkio angos 1 atraminį spaudimą, kai imamas apkrovimas, kuris duoda max H_p. Nuo pastovaus krūvio:

$$A_q = \frac{vl}{2} + \frac{(w - v)l}{6} = \frac{a(2v + w)}{3}.$$

Žinodami H ir A surandame spaudimo R kryptį pade; pado rievę išvedame statmenai surastai krypčiai, o arkos storį čia imame lygų:

$$e' = \frac{e_0}{\cos\theta} = \frac{e_0 R}{H},$$

kur θ — spaudimo R su horizontu sudaromas kampas. Turėdami e_0, e' ir šitos rievės su horizontu sudaromą kampą galime tiksliau nustatyti angą l ir pakilą f.

Arkos storiui viename ketvirtdalyje angos nustatyti surandame šiam piūviui lenkimo momentą, kuris atitinka didžiausią apatinio piūvio krašto gniužimą, kai arka apkrauta vienpusiu paslankiu krūviu; kai pastovus krūvis, tąsyk spaudimas pereina per piūvio centrą, jei arkos ašis parinkta pagal pastovaus krūvio spaudimo kreivąją, vadinasi, kai lenkiamasis momentas gaunamas tik nuo laikinojo krūvio.

Pagal 553 brėž. įtakinė linija momentui piūvyje x, y nustatoma λ ir η_0 dydžiais:

$$\lambda = \frac{2a^2(f - y)}{f(2a - x) - ay},$$

$^1/_4$ angos piūviui gauname:

$$\lambda = \frac{4a(f - y)}{3f - 2y},$$

čia y — angos ketvirčiui imamas formule (b).

Pagal formulę iš 84 § (čia x atskaitomas nuo pado, o y nuo linijos, kuri pereina per padus):

$$\eta_0 = \frac{1}{2}\left(x - a\frac{y}{f}\right);$$

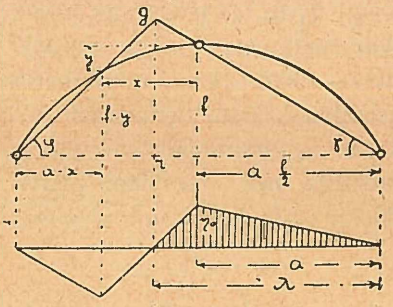
$^1/_4$ angos piūviui: $\eta_0 = 0{,}5\,a\left(0{,}5 - \frac{y}{f}\right)$.

Pagal įtakinę liniją surandame max M_x $^1/_4$ angos piūviui. Pagal įtakinę skėtimosi liniją surandame atitinkamą H'_p; šiuo apkrovimo atsitikimu visas skėtimas bus:

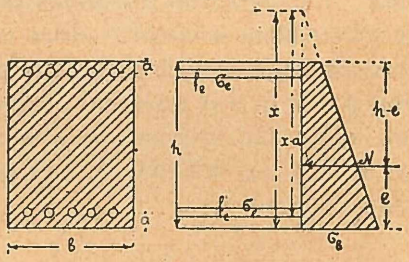
$$H_1 = H_q + H'_p.$$

Paskui, kaip paprastam balkiui, surandame V_1 nagrinėjamam piūviui, kai veikia pastovus ir surastas vienpusis laikinasis krūvis. Po to gauname:

$$R_1 = \sqrt{H_1^2 + V_1^2}.$$



553 brėž.



554 brėž.

Laikome R_1 normaliu spaudimu N_x piūvyje. Pagal N_x ir M_x dydžius parenkame arkos storį ryšy su geležies kiekiu.

Yra dàug formulių, lentelių ir grafikų, kurie palengvina parinkti gelžbetoninių dalių piūvius. Čia paduodame Stock'o formules.*)

Visų prasčiau parinkti arkos piūvio aukštį (plotis lygsta vienetui) ir spręsti geležies kiekio klausimą, paėmus tam tikrus leidžiamus įtempimus,

Arkos storį pažymėsime h (statkertinio piūvio aukštis), piūvio plotį — b. Nelygiai paskirstytas gniužimas pakeičiamas veiki-

*) Stock, Dimensionierung von Eisenbetonquerschnitten, „Armierter Beton", 1911, S. 388, 433.

mu kai kurios jėgos N, veikiančios atstume e nuo artimiausios briaunos, tąsyk (554 brėž.):

$$e = \frac{h}{2} - \frac{M}{N} = \frac{h}{2} - e',$$

kur e' — jėgos N ekscentricitetas.

Jei $e > \frac{h}{3}$, tai piūvyje veikia tik gniužiamieji įtempimai. Surandamė, kaip vienarūšiam tašui, didžiausiąjį kraštinio apatinio pluošto įtempimą formule:

$$\sigma_b = \frac{N}{hb}\left(1 + \frac{6e'}{h}\right).$$

Jei gautasis max σ_b mažesnis už leidžiamąjį dydį, tai armatūros nereikia; ji gali būti padėta tik atsižiūrint į nenumatytą galima atramų nusėdimą ir betono slūgimo įtempimus.

Jei max σ_b didesnis už leidžiamąjį dydį, tai reikalinga armatūra. Parengiamam armatūros piūvio nustatymui galima numatyti simetriškąją armatūrą, turint galvoje, kad, kai apkraunama įtakinės linijos M antroji dalis paslankiu krūviu, gauname tokius pat M ir N ir tokio pat dydžio max σ_b viršutiniam tašo pluoštui; aišku, kad turėsim atsparumo atsargą, nes viršutiniam pluoštui M ir N bus mažesni. Geležies kiekio uždavinys išsprendžiamas šiomis formulėmis:

$$x^2 - x\left[\frac{h}{2} + \frac{1}{e'}\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 - A\right] - \frac{h}{2} \cdot A = 0;$$

$$A = \frac{\sigma_b . h . b}{2N_{e'}}\left[\frac{h^2}{3} - 2a\,(h - a)\right].$$

Geležies skerspiūvio plotas ties kiekviena briauna turi būti:

$$f_e = \frac{N . x}{2m\,\sigma_b\left(x - \frac{h}{2}\right)} - \frac{hb}{2m}.$$

Pavyzdys, h = 100 cm, N = 100 000 kg, ekscentricitetas e' = 10 cm; b = 25 cm, a = 5 cm, $\sigma_b = 40$ kg/cm². Gauname:

$$A = \frac{40 . 100 . 25}{2 . 100000 . 10}\left(\frac{100^2}{3} - 10 . 95\right) = 119{,}2;$$

$$x^2 - x\left(50 + \frac{45^2}{10} - 119{,}2\right) - 50 \cdot 119{,}2 = 0;$$

$$x = 168{,}7 \text{ cm};$$

$$f_e = \frac{100000 \cdot 168{,}7}{2 \cdot 15 \cdot 40 \cdot 118{,}7} - \frac{100 \cdot 25}{2 \cdot 15} = 35{,}0 \text{ cm}^2.$$

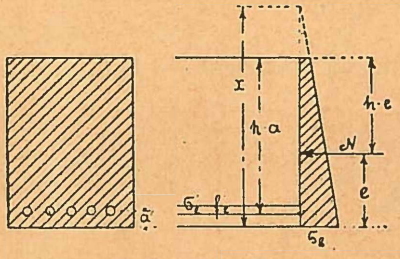
Jei gautasis geležies kiekis bus pripažintas netinkamu, tai tąsyk pakeičiame atitinkamai arkos h storį ir antrą syk apskaičiuojame. Ploninant arką smarkiai didėja geležies kiekis; jei nėra būtino reikalo, tai reikia ištisai arkai imti 1% (geležiai piūvio viršuje ir apačioje), briaunuotai arkai 2 — 3%. Žemiau paduodamos Stock'o formulės įvairiems apkrovimo ir armatūros paskirstymo atsitikimams:

1) Tuo atsitikimu, kai piūviui numatyta paprasta armatūra, vadinasi, tiktai ties vienu kraštu (555 brėž.), tada geležies kiekis nustatomas pagal formules:

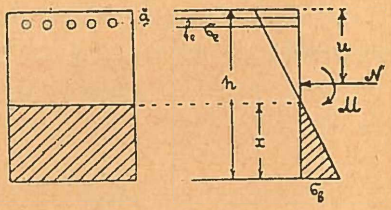
$$x = \frac{\sigma_b \cdot h^2 \cdot b\left(\frac{2}{3}h - a'\right)}{2 \cdot \sigma_b \cdot h \cdot b\left(\frac{h}{2} - a'\right) - N(e - a')};$$

ieškomasis:

$$f'_e = \frac{N x - \sigma_b \cdot h \cdot b\left(x - \frac{h}{2}\right)}{m \cdot \sigma_b \cdot (x - a')}.$$



555 brėž.



556 brėž.

2) Kai $e < \frac{h}{3}$ arba neigiamas (556 brėž.), tada piūvyje veiks tempiamieji įtempimai. Piūvio aukštis gali būti didelis, kai į gniužiamąją juostą nededa armatūros, ir mažas, kai ir į gniužia-

mą juostą dedama geležies. Kad nustačius, kada koksai atsitikimas esti, surandame „tariamą“ momentą:

$$M_0 = M + N(u - a),$$

čia u — piūvio svorio centro atstumas; statkertiniam piūviui galima apytikriai imti u = h:2. Paskui surandame dydį x formulę:

$$x = s\,(h - a)$$

čia:

$$s = \frac{m \cdot \sigma_b}{\sigma_e + m\,\sigma_b},$$

dydis s yra 29 lentelės koeficientas piūviui parinkti; jį galima imti iš šios lentelės pagal duotus σ_b ir σ_e.

Paskui surandame ribos momentą, esant kuriam dar nereikia piūvyje gniužiamos armatūros:

$$M' = \frac{\sigma_b}{2} bx\left(h - a - \frac{x}{2}\right);$$

šitą dydį galima greit surasti formule:

$$M' = \left(\frac{h - a}{r_1}\right)^2 . b,$$

kur r_1 — tos pačios lentelės koeficientas dydžiui h — a pagal momentą surasti.

Jei $M_0 < M'$, tai gniužiamos armatūros nereikia. Surandame:

$$r_1 = (h - a)\sqrt{\frac{b}{M_0}}.$$

ir iš lentelės parenkame atitinkamą koeficiento s dydį, paskui surandame:

$$x = s(h - a);$$

$$f_e = \frac{\frac{\sigma_b}{2} bx - N}{\sigma_e}.$$

Jei $M_0 > M'$, tai į gniužiamąją zoną reikia padėti armatūrą. Tada gauname:

$$\sigma'_e = m\,\sigma_b \frac{x - a'}{x};$$

$$f'_e \cdot \sigma'_e = \frac{M_0 - M'}{h - a - a'};$$

$$f_e = \frac{\frac{\sigma_b}{2} bx + f'_e \sigma'_e - N}{\sigma_e}.$$

Dydis x šitoje formulėje imamas pagal formulę $x = s.(h—a)$, imant maksimalius leidžiamus įtempimus; tad x bus surastas. Tuo būdu turime arkos spynoje, pade ir ketvirtyje (¼ angos) storį; jei pilnai išnaudosime betoną visuose arkos piūviuose, tai gryno betono arkos storis angos ketvirčiuose bus maždaug 2 syk didesnis už storį spynoje; tąsyk gaunama labai negražios formos arka. Arkos formą galima ištaisyti storinant ją spynoje, o gelžbetoninių arkų — ją ploninant geležies įdėjimo sąskaiton.

Gautąsias trijų svarbiausiųjų pusarkės piūvių išmieras reikia patikrinti, išbraižius visą arką ir, jei reikia, ištaisius.

Galutinai parinkę storį spynoje, pade ir pusarkės viduryje, nustatome storį tarpiniuose taškuose pagal parabolinę interpoliaciją. Turime e_0 spynoje, e' pade; e'' — viduryje. Daliname pusarkę į 2 n dalis, surandame:

$$\Delta_k = \frac{e'' - e'}{n^2}.$$

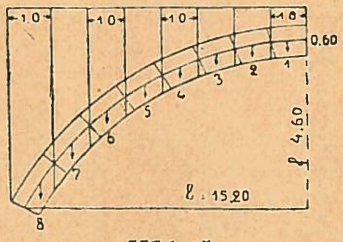
$$\Delta_s = \frac{e'' - e}{n^2}.$$

Arkos e storis m piūviui nuo vidurinio (e'') į spynos pusę bus:

$$e = e'' - m^2 \Delta_s;$$

į pado pusę: $e = e'' - m^2 \Delta_k$.

Atidėję po pusę surastų storių abipus arkos ašies, gauname visą arkos formą, kurią sudarome iš skirtingų radijusų apskritimo lankais.



557 brėž.

Gautąją arkos formą patikriname, imdami dėmesin pastovaus krūvio tikrąjį dydį ir tikrąjį paskirstymą.

Tam tikslui ne didesnės kaip 1:3 apkilos arkos galima suskirstyti į sekcijas vertikaliais piūviais (557 brėž.) vienodu tarpusavio atstu 1 — 2 m, žiūrint sekcijų skaičiaus, kuris imamas nuo 6 ligi 12 pusarkei, pareinamai nuo angos dydžio. Pagal redukuotą į arkos medžiagą krūvį (arba be privedimo) ele-

mentų svoris apskaičiuojamas, sužinant trapecijų plotus; svirtys imamos tuo apskaičiavimu, kad trapecijos svorio centras guli ant jų vidurinės vertikalės.

557 brėž. pardyta viaduko arkos schema; krūvio elementų svoris atskirai apskaičiuotas be redukavimo į arkos medžiagą. Vertikalūs piūviai pravesti per 1,0 m, skaitant nuo horizontalės; pade šis piūvis pereina per išorinį arkos kampą (per viršutinį pado tašką). Arkos strėlė 4,6 m, skaičiuojamoji anga 15,2 m. Arkos storis spynoje 0,60 m. Gaunama (per visą arkos plotį = 4 m):

Sekcijos Nr.	Apdaro svoris t	Užpilo svoris t	Paties skliauto svoris t	Suma t
1	8,66	4 . 2,2 . 0,02 = 0,176	2,4 . 4 . 0,61 = 5,856	14,69
2	8,66	4 . 2,2 . 0,12 = 1,056	2,4 . 4 . 0,64 = 6,144	15,86
3	8,66	4 . 2,2 . 0,35 = 3,080	2,4 . 4 . 0,68 = 6,528	18,27
4	8,66	4 . 2,2 . 0,70 = 6,160	2,4 . 4 . 0,75 = 7,200	22,02
5	8,66	4 . 2,2 . 1,20 = 10,560	2,4 . 4 . 0,85 = 8,160	27,88
6	8,66	4 . 2,2 . 1.88 = 16,544	2,4 . 4 . 1,03 = 9,888	35,09
7	8,66	4 . 2,2 . 2,82 = 24,816	2,4 . 4 . 1,27 = 12,192	45,67
8	8,66	4 . 2,2 . 4,00 = 35,200	2,4 . 4 . 1,05 . 0,88 = 8,87	52,73
				231,71 t

Arkos medžiagos svoris 2,4 t/m³; užpilo svoris 2,2 t/m³.

Paskui surandame momentus M kiekvienos rievės svorio centro link visiems elementams, kurie guli dešinėje rievės pusėje; pagal pado momentą surandame skėtimą H_q nuo pastovaus krūvio; padalinę surastus įvairioms rievėms momentus iš šio skėtimo dydžio, gauname spaudimo kreivosios ordinates y pagal ašį, kuri pereina per spynos rievės vidurį, nes kiekvienai spaudimo kreivosios rievei momentai turi būti pusiausvyroje:

$$H_q \cdot y = M.$$

Turime:

Sekcijos Nr. Nr.	Momentai M	Ordinatės y
1	14,69 . 0,5 = 7,34 t m	0,056 m
2	7,34 + 14,69 . 1 + 15,86 . 0,5 = 29,96 „ „	0,230 „
3	29,96 + 30,55 . 1 + 18,27 . 0,5 = 69,64 „ „	0,535 „
4	69,64 + 48,82 . 1 + 22,02 . 0,5 = 129,47 „ „	0,995 „
5	129,47 + 70,84 . 1 + 27,38 . 0,5 = 214,00 „ „	1,645 „
6	214,00 + 98,22 . 1 + 35,09 . 0,5 = 329,77 „ „	2,534 „
7	329,77 + 133,31 . 1 + 45,67 . 0,5 = 485,92 „ „	3,734 „
8	485,92 + 178,98 . 0,6 + 52,73 . 0,1 = 598,58 „ „	4,600 „

Ištaisę, jei reikia, arkos formą, galime ją galutinai apskaičiuoti.

Didesnės kaip 1:3 pakilos arkoms, kad tiksliau apskaičiavus, arka suskirstoma vienodo pagal ašį ilgio kyliais ir pagal juos imamas viršarkinio krūvio trapecijos plotis, kuris nustatomas viršutiniais radialinių rievių taškais. Visam kitam tebetaikomi tie patys veiksmai. Krūvio kylių plotai apskaičiuojami pagal tikslius arkos brėžinius, stropiai matuojant ilgius, $^1/_{100}$ mastu.

Didžiosios bešarnyrinės arkos skaičiuojamos pagal elastiškumo teoriją, bet gali būti skaičiuojamos ir spaudimo linijų pagalba. Tąsyk grafiškas skaičiavimas turi būti atliktas ne mažesniu kaip $^1/_{50}$ mastu, didžiausiu galimu tikslumu. Žemiau duodamas grafiško skaičiavimo pavyzdys.

Pavyzdys. Apskaičiuoti didelės angos bešarnyrinį arkinį tiltą, parodytą 558 ir 559 brėž. Krūvis — 23 t. plentvolis ir žmonių minia 500 kg/cm² plentvolio prieky ir užpakaly. Svoriai: 1 m³ plūktojo betono = 2300 kg, gelžbetonio = 2400 kg, užpilo = 1600 kg ir 1 m² grindinio su smėlio pamatu = 635 kg

A. Arka.

5 m pločio arka taip išlenkta, kad spaudimo linija nuo savojo svorio sutampa su arkos ašimi ir vienpusiam apkrovimui ji pasilieka branduolio ribose, kad išvengus traukimo įtempimų.

Skaičiuojama 1 m pločio arkos juosta. Arkos viršutinis paviršius su keturiomis išilginėmis briaunomis, perdengtomis plokšte, ant kurios guli važiuojamoji dalis.

Arka suskirstyta į sekcijas, kiekviena 3 m pločio.

Sekcijų svoriai P gauti skaičiavimu.

Laikoma, kad plentvolio ratų svoris ir žmonių minios svoris tolygiai pasiskirsto per visą arkos plotį. Tąsyk:

Plentvolio priekinio rato spaudimas:

$$\frac{10\,000}{5{,}0} + \frac{(6{,}0-2{,}5)\,.\,2{,}75\,.\,500}{5{,}00} = 3045 \text{ kg}\,.$$

Plentvolio užpakalinio rato spaudimas:

$$\frac{13\,000}{5{,}0} + \frac{(6{,}0-2{,}5)\,.\,2{,}75\,.\,500}{500} = 3645 \text{ kg}\,.$$

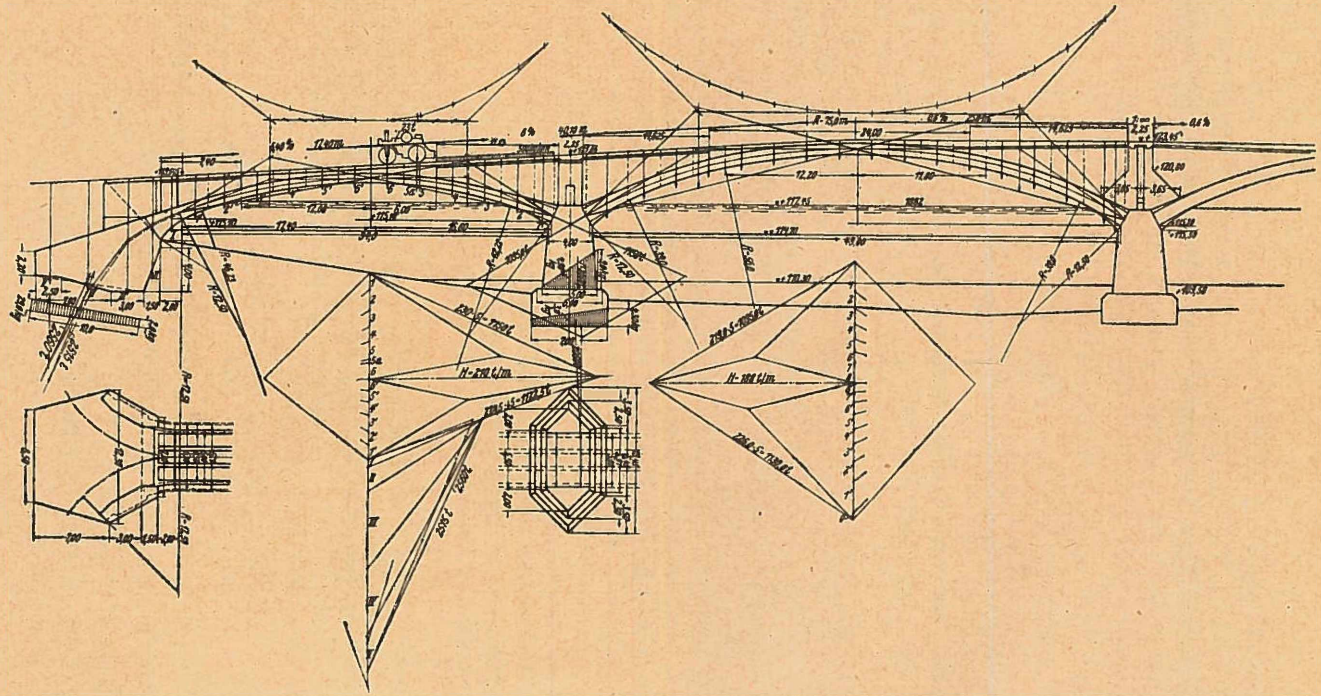
Šitos jėgos mastu 1 mm = 1,2 t sudėtos į jėgų poligoną, žinomu būdu išvesti virvinis daugiakampis ir spaudimo kreivoji vienpusiam apkrovimui

Gaunami šie įtempimai:

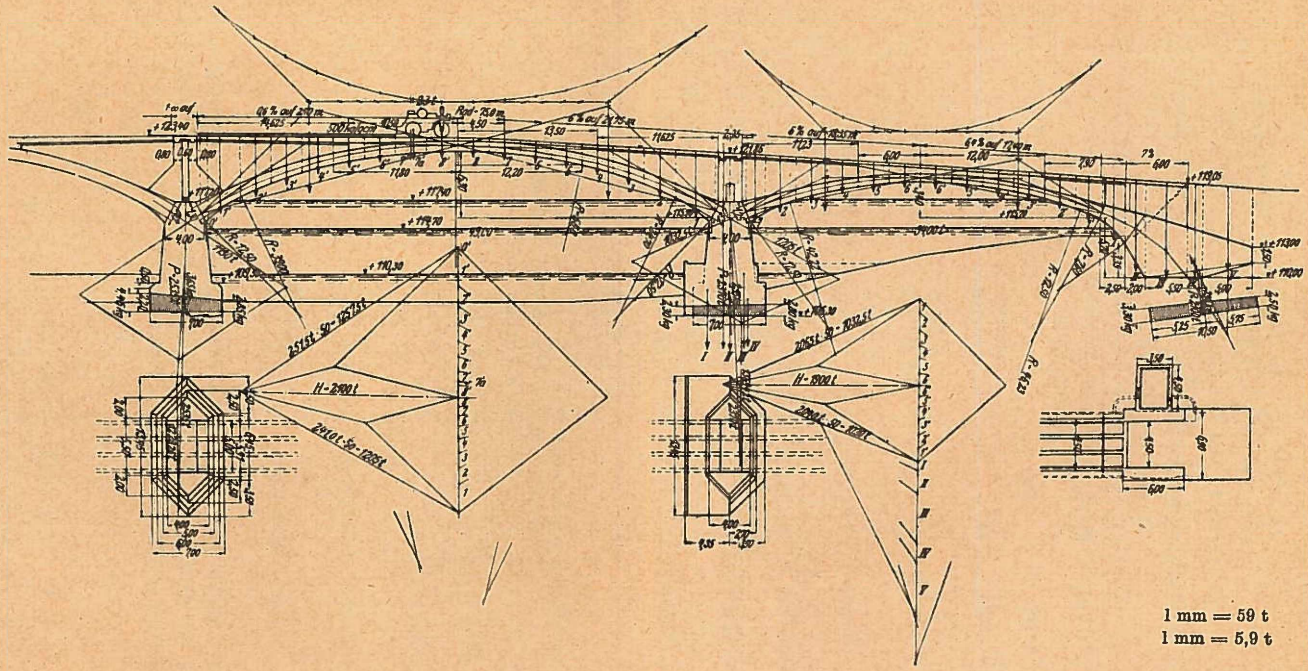
1. Kairė 34 m anga (558 brėž.):

a) spynos rievė:

$$\sigma = \frac{210\,000}{80\,.\,100} = 26{,}30 \text{ kg/cm}^2\,,$$



558 břež.



1 mm = 59 t
1 mm = 5,9 t

559 břež.

b) kairioji pado rievė:

$$\sigma = \frac{224\,500}{120 \cdot 100} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 10}{120}\right) = \sigma_v = 28{,}05 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\sigma_a = 9{,}35 \text{ kg/cm}^2;$$

c) dešinioji pado rievė:

$$\sigma = \frac{230\,000}{125 \cdot 100} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 12}{125}\right) = \sigma_v = 7{,}80 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\sigma_a = 29{,}00 \text{ kg/cm}^2.$$

2. Kairioji 49 m anga;

a) spynos rievė: $\sigma = \frac{188\,000}{100 \cdot 100} = 18{,}8 \text{ kg/cm}^2$,

b) kairioji pado rievė: $\sigma = \frac{219\,000}{130 \cdot 100} = 16{,}85 \text{ kg/cm}^2$,

c) dešinioji pado rievė: $\sigma = \frac{226\,000}{130 \cdot 100} = 17{,}4 \text{ kg/cm}^2$.

3. Dešinioji 45 m anga (559 brėž.):

a) spynos rievė: $\sigma = \frac{210\,000}{100 \cdot 100} = 21{,}00 \text{ kg/cm}^2$,

b) kairioji pado rievė: $\sigma = \frac{251\,500}{130 \cdot 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot 15}{130}\right) =$

$\sigma_v = 27{,}00 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_a = 32{,}60 \text{ kg/cm}^2$,

c) dešinioji pado rievė: $\sigma = \frac{241\,000}{130 \cdot 100} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 10}{130}\right) =$

$\sigma_v = 27{,}00 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_a = 10{,}00 \text{ kg/cm}^2$,

4) Dešinioji 34 m anga (559 brėž.):

a) spynos rievė: $\sigma = \frac{190\,000}{80 \cdot 100} = 23{,}80 \text{ kg/cm}^2$,

b) kairioji pado rievė: $\sigma = \frac{206\,500}{125 \cdot 100} = 16{,}50 \text{ kg/cm}^2$,

c) dešinioji pado rievė: $\sigma = \frac{204\,000}{110 \cdot 100} = 18{,}50 \text{ kg/cm}^2$.

Išskaičiuotiems įtempimams patikrinti (kai arka vienpusiškai apkrauta) atlikta greta statiškos ir matematiška skaičiuotė. Iš pradžių nustatyta spaudimo linijos nuo savojo svorio padėtis pagal formules:

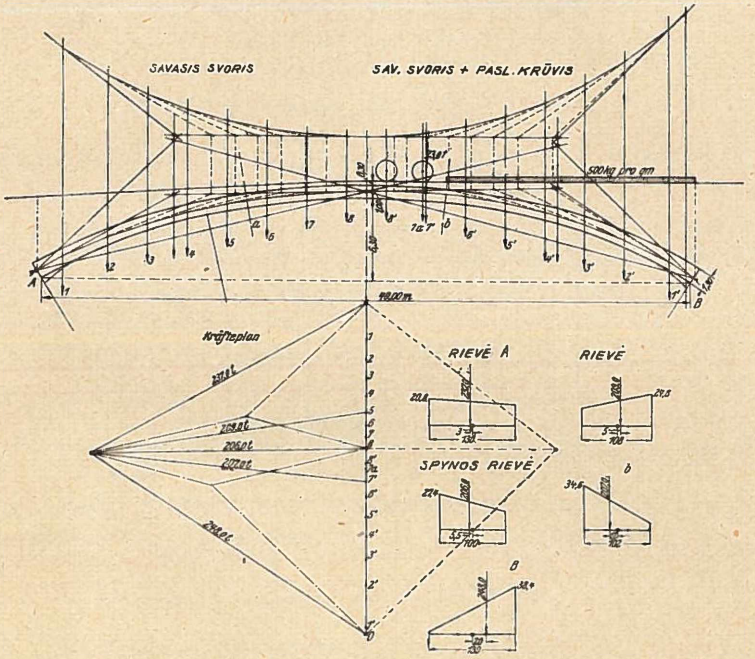
$$A = \sum_0^1 \cdot P \cdot (1 - a), \quad H = A \cdot \frac{1}{2} - \sum_0^{\frac{1}{2}} \cdot P \cdot \left(\frac{1}{2} - a\right),$$

$$M_x = A \cdot x - H \cdot y - \sum_0^x \cdot P \cdot (x - a),$$

$$y = \frac{A \cdot x - \sum_0^x \cdot P \cdot (x - a)}{H}.$$

Šitose formulėse:

A — atraminė reakcija,
P — sekcijos svoris,
l — tarp padų centrų atstumas,
f — arkos strėlė,
a — jėgos P nuo kairiojo pado atstumas,
H — horizontalinis skėtimas,
x, y — spaudimo linijos ordinatės, matuojant jas nuo kairiojo pado ir nuo jungiančios abu padus linijos,
M_x — momentas atstume x.



560 brėž.

Gautoji spaudimo linija laikoma arkos ašimi ir nuo jos dabar atidedame, pagal žinomas Vinklerio formules, išskaičiuotus dydžius e, e_1 ir e_2. Gavę trijų spaudimo linijos taškų padėtį, išvedame pro juos spaudimo liniją. Jėgos atidėtos mastu 1 mm = 5,75 t.

1. 49,0 m angos arka (560 brėž.):

$$e = \frac{5}{16} \cdot \frac{1{,}0^2}{6{,}2} = 0{,}055 \text{ m}, \quad \cos\varphi_0 = \frac{1{,}0}{1{,}3}, \quad p = \frac{1{,}0 \cdot 500}{2300} = 0{,}218 \text{ m},$$

$$z = \frac{1{,}0 \cdot 635}{2300} = 0{,}276 \text{ m},$$

$$e_1 = \frac{1,0}{1,3} \cdot \left(2.0,055 + \frac{1}{8} \cdot \frac{0,218 \,.\, 6,2}{0,276 + 0,14 \,.\, 6,2}\right) = 0,20 \text{ m};$$

$$e_2 = 0,77 \left(2 \,.\, 0,055 - \frac{1}{8} \cdot \frac{0,218 \,.\, 6,2}{0.276 + 0,14 \,.\, 6,2}\right) = -\ 0,03 \text{ m}.$$

Piūvio kraštų įtempimai.

Padas A: $\sigma = \frac{237\,000}{130 \,.\, 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6.3}{130}\right)$,

$\sigma_{max} = 26,8$ kg/cm²; $\sigma_{min} = 15,7$ kg/cm².

Rievė a: $\sigma = \frac{209\,000}{108 \,.\, 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6.5}{108}\right)$,

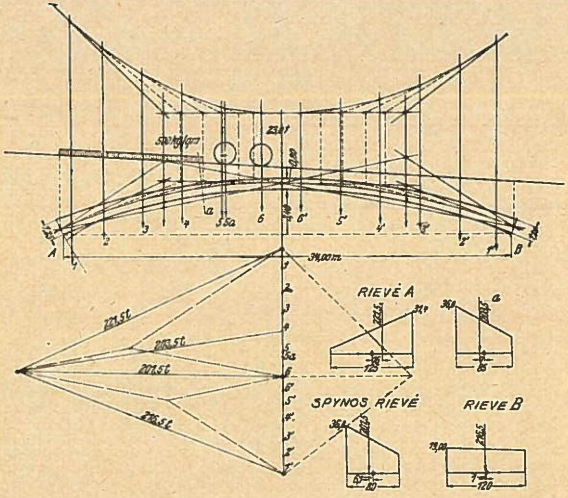
$\sigma_{max} = 24,8$ kg/cm²; $\sigma_{min} = 14,00$ kg/cm².

Spynos rievė: $\sigma = \frac{206\,000}{100 \,.\, 100} \cdot \left(1 + \frac{6 \,.\, 5,5}{100}\right)$,

$\sigma_{max} = 27,40$ kg/cm²; $\sigma_{min} = 13,80$ kg/cm².

Padas B: $\sigma = \frac{248\,000}{130 \,.\, 100} \cdot \left(1 + \frac{6.20}{130}\right)$,

$\sigma_{max} = 36,9$ kg/cm²; $\sigma_{min} = 1,30$ kg/cm².



561 brėž.

2. 34,0 m angos arka (561 brėž.):

$$e = \frac{5}{16} \cdot \frac{0,80^2}{327} = 0,061 \text{ m}, \quad \cos\varphi_0 = \frac{0,8}{1,25}, \quad \cos\varphi'_0 = \frac{0,8}{1,20};$$

$$e_1 = \frac{0,7}{1,25} \cdot \left(2.0,061 + \frac{1}{8} \cdot \frac{0,218 \,.\, 3,27}{0,276 + 0,14 \,.\, 3,27}\right) \cong 0,16 \text{ m};$$

$$e_2 = \frac{0,8}{1,20} \cdot \left(2.0,061 - \frac{1}{8} \cdot \frac{0,218 \,.\, 3,27}{0,276 + 0,14 \,.\, 3,27}\right) = 0,01 \text{ m}.$$

Kraštų įtempimai:

Padas A: $\sigma = \frac{221\,500}{125 \cdot 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6.16}{125}\right)$,

$\sigma_{max} = 31{,}4\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 4{,}00\ kg/cm^2$.

Rievė a: $\sigma = \frac{203\,500}{85 \cdot 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6.7}{85}\right)$,

$\sigma_{max} = 35{,}0\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 12\ kg/cm^2$.

Spynos rievė: $\sigma = \frac{201\,500}{80 \cdot 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6.6{,}1}{80}\right)$,

$\sigma_{max} = 36{,}8\ kg/cm^2$ $\sigma_{min} = 13{,}6\ kg/cm^2$.

Padas B: $\sigma = \frac{216\,500}{120 \cdot 100} \cdot \left(1 \pm \frac{6.1}{120}\right)$,

$\sigma_{max} = 19{,}0\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 17{,}20\ kg/cm^2$.

B. Ramtai ir taurai.

Atskirų piūvių įtempimai patikrinami, imant dėmesin pilną ramtų ir taurų platumą. Todėl gautieji padų spaudimai padauginami iš arkos pločio = 5,0 m.

Esamos jėgos sudedamos mastu 1 mm = 12,5 t į jėgų poligoną; jų pagalba išvedama spaudimo linija.

Gaunami tokie įtempimai (558 ir 558 brėž.):

1. Kairysis ramtas:

Grunto spaudimas nuo savojo svorio: $\sigma = \frac{2\,515\,000}{1\,047\,500} = 2{,}40\ kg/cm^2$.

Grunto spaudimas nuo savojo svorio ir paslankaus krūvio:

$$\sigma = \frac{2\,560\,000}{1\,047\,500} \cdot \left(1 + \frac{6.30}{1000}\right),$$

$\sigma_{max} = 2{,}90\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 2{,}00\ kg/cm^2$.

2. Tauras I.

Rievė pamato pakopos aukšty (+ 190,5 m):

$$\sigma = \frac{2\,060\,000}{420\,500} \cdot \left(1 \pm \frac{6.70}{500}\right),$$

$\sigma_{max} = 9{,}00\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 0{,}80\ kg/cm^2$.

Pamato padas: $\sigma = \frac{2\,060\,000}{696\,000} \cdot \left(1 \pm \frac{6.50}{700}\right)$,

$\sigma_{max} = 4{,}3\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 1{,}70\ kg/cm^2$.

3. Vidurinis tauras.

Padas: $\sigma = \frac{2\,535\,000}{696\,000} \cdot \left(1 \pm \frac{6.25}{700}\right)$,

$\sigma_{max} = 4{,}45\ kg/cm^2$; $\sigma_{min} = 2{,}85\ kg/cm^2$.

4. Tauras III.

Padas: $$\sigma = \frac{2\,370\,000}{933\,325} \cdot \left(1 \pm \frac{6.10}{700}\right),$$

$$\sigma_{max} = 2{,}80\ kg/cm^2;\quad \sigma_{min} = 2{,}30\ kg/cm^2.$$

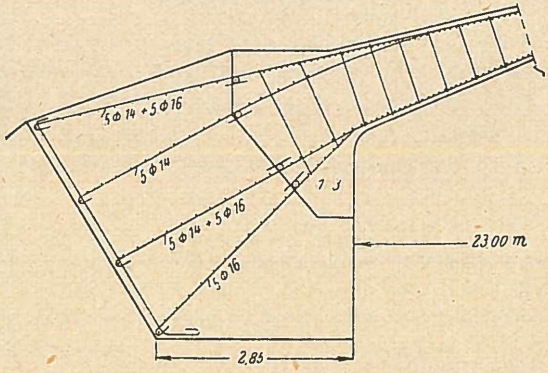
5. Dešinysis ramtas.

$$\sigma = \frac{2\,100\,000}{724\,500} \cdot \left(1 \pm \frac{6.25}{1050}\right),$$

$$\sigma_{max} = 3{,}30\ kg/cm^2;\quad \sigma_{min} = 2{,}5\ kg/cm^2.$$

86. Arkinių tiltų konstrukcijos

Gelžbetoninių arkinių tiltų armatūra, kaip ir balkinių tiltų, suskirstoma į atspariąją ir paskirstomąją. Pirmoji — išlenkta pagal skliauto formą. Paskirstomoji armatūra — tiesioji, guldoma statmenai atspariajai. Kai angos nedidelės, tada pakanka dėti į ar-

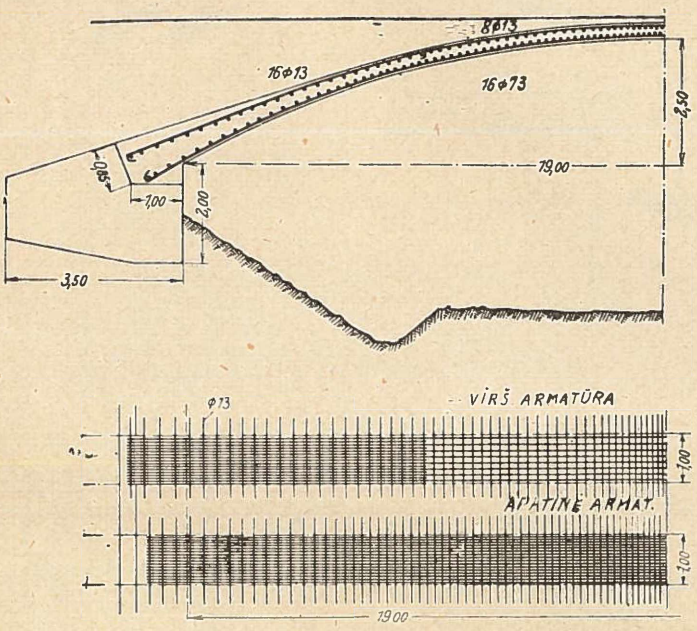


561 a brėž.

kas vien tik apatinę armatūrą, bet padai tąsyk turi būti pagal 561 a brėž. tinkamai armiruoti, kad neatsirastų, dėl atramų nusėdimo, plyšių. Tąsyk patariama ties padais apatinės armatūros dalį išlenktį į viršų.

Vidutinėms (> 10 m) ir didelėms angoms esant, dedama dviguba armatūra: piūvio viršuje ir apačioje. Viršutinė armatūra turi būti padėta ne trumpesniame kaip ¼ angos ilgyje, skaitant nuo padų. Tąsyk ji priima eventualinius traukimo įtempimus, kurie gali atsirasti dėl netaisyklingo klojinių ir formų padarymo (kiek prasilenkus su nustatyta spaudimo linija), saulės šilimos veikimo, betono slūgimo ir p. Mažose angose tik dėka dvigubos armatūros galima pilnai išnaudoti betono gniužimui atsparumą. Didelėms

angoms dviguba armatūra teoriškai nustoja reikšmės, nes tokiuose tiltuose traukimo įtempimų išvengiama, parinkus tinkamą skliauto formą; betgi praktiškai ji dėl aukščiau nurodytų motyvų pageidaujama. Tinkamas armatūros ramtuose įtvirtinimas parodytas 561 a brėž. Čia geležis užlenkiama dideliais kabliais.



561 b brėž.

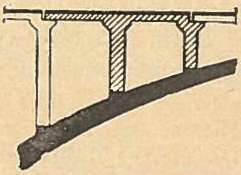
561 b brėž. duotas armatūros išdėstymo pavyzdys. Arka turi 19 m angą ir 2,50 m pakilą. Atsparioji armatūra tokia:

Apačioje: 16 strypų 13 mm diam., einą ištisai
Viršuje 8 strypai 13 mm diam., einą ištisai
„ 8 strypai 13 mm diam., eina ¼ angos.

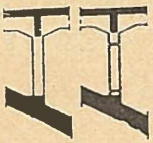
Paskirstomoji armatūra brėžiny nenurodyta; ji pagaminta iš 7 mm diam. strypų, padėtų nustatytu tarpusavio atstumu.

Jei arkų su viršskliautiniu statiniu važiuojamoji dalis būtų per visą angą standžiai sujungta su skliautu, tai visa sistema būtų statiškai neaiški. Viršskliautinis statinys neleistų skliautui laisvai deformuotis; iš kitos pusės viršskliautinio statinio deformacijos persidavinėtų į skliautą. Todėl, jei norima gauti statiškai išspren-

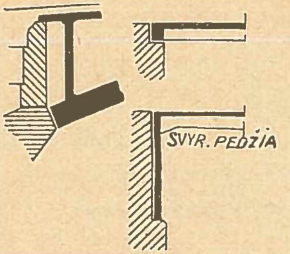
džiamąją konstrukciją, tai važiuojamosios dalies plokštė perskiriama skėtimosi rievėmis (561 e brėž.); arti skliauto spynos



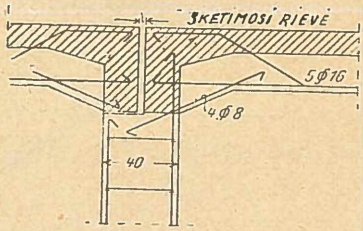
561 e brėž.



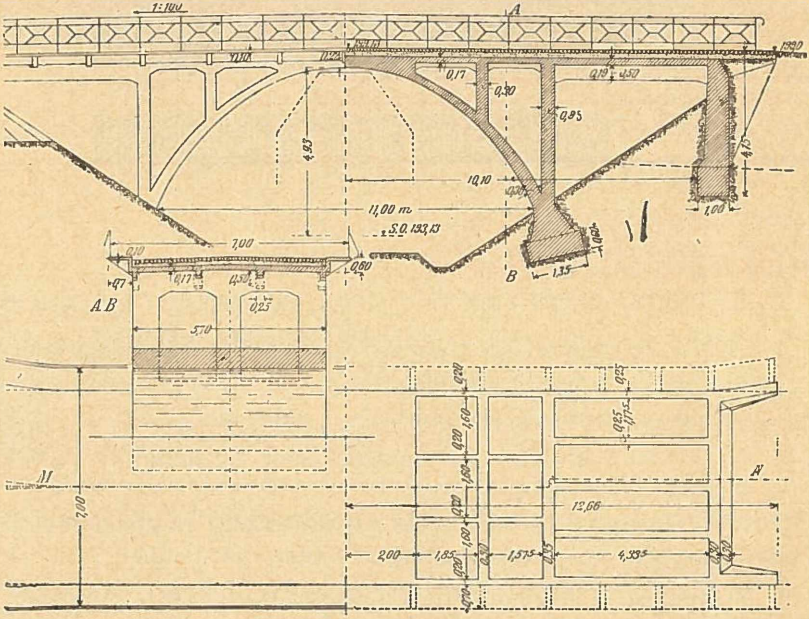
561 f brėž.



561 g ir h brėž.



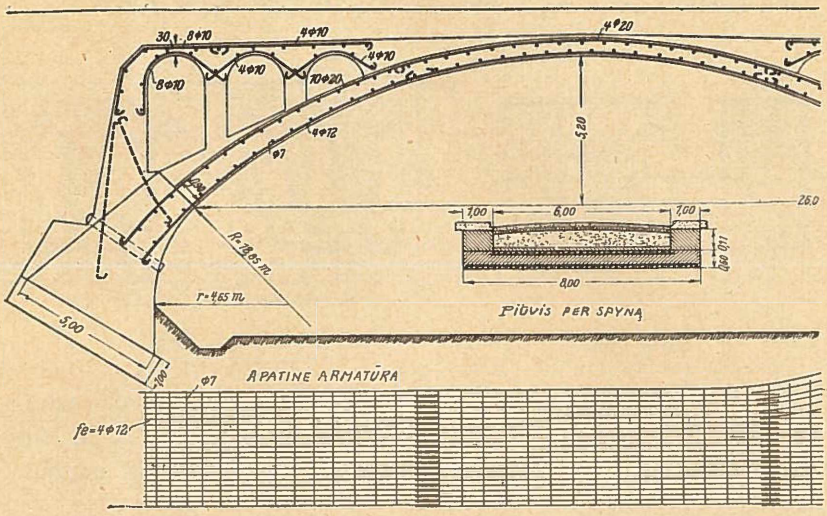
561 i brėž.



561 k brėž.

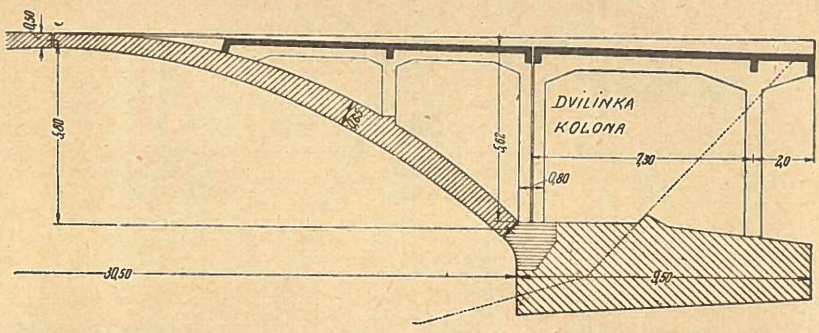
įtaisomos svyruojančios pėdžios (561 f brėž.), be to, važiuojamosios dalies plokštė lanksčiai jungiama su ramtais (561 g, h, i brėž.).

561 k brėž., parodytas arkinio tilto su viršskliautiniu statiniu konstrukcija (Göttingen - Bodenfelde). Tilto vidurinė anga per-



561 l brėž.

dengta paraboliniu 11,0 m ilgio skliautu. Važiuojamosios dalies plokštė palaikoma ištisomis skersinėmis sienelėmis. Kraštutinės an-

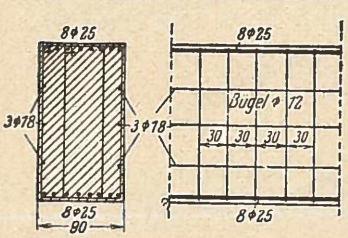


561 m brėž.

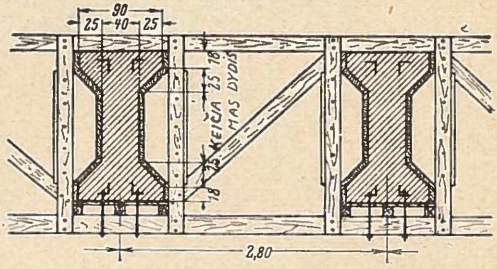
gos perdengtos briaunine plokšte. Skliauto spynoje viršutinė armatūra — 5 strypai 10 mm diam., apatinė — 10 strypų 12 mm diam.; paduose: viršutinė armatūra — 10 strypų 14 mm ir apatinė — 5 strypai 10 mm.

561 l brėž., parodyta panaši konstrukcija su viršskliautiniu mažų arkų pavidalo statiniu. Brėžinio apačioje parodyta apatinė skliauto armatūra.

561 m brėž., parodyta viršskliautinio statinio su atskirais statramsčiais skėtimosi rievių konstrukcija: ties padu įtaisyta dviguba kolona; ant bendro su arka pamato pastatytas rėmas.

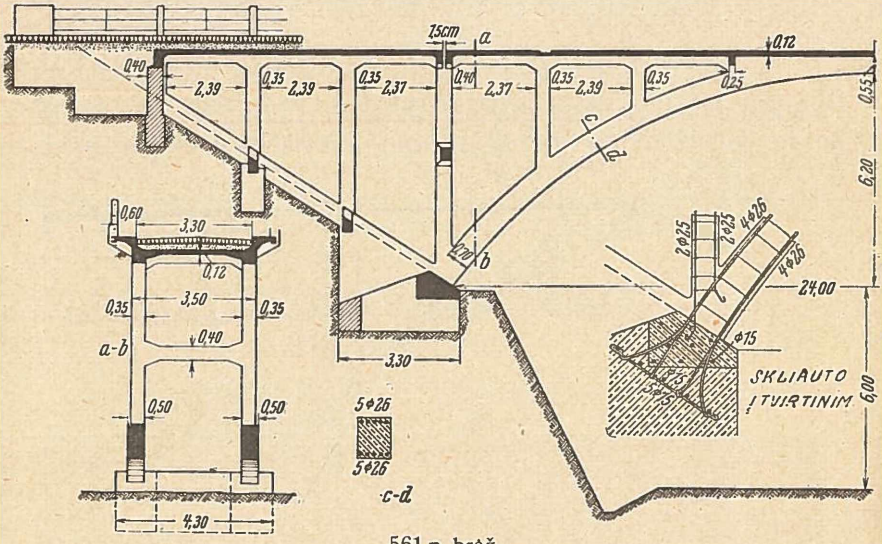


561 n brėž.



561 o brėž.

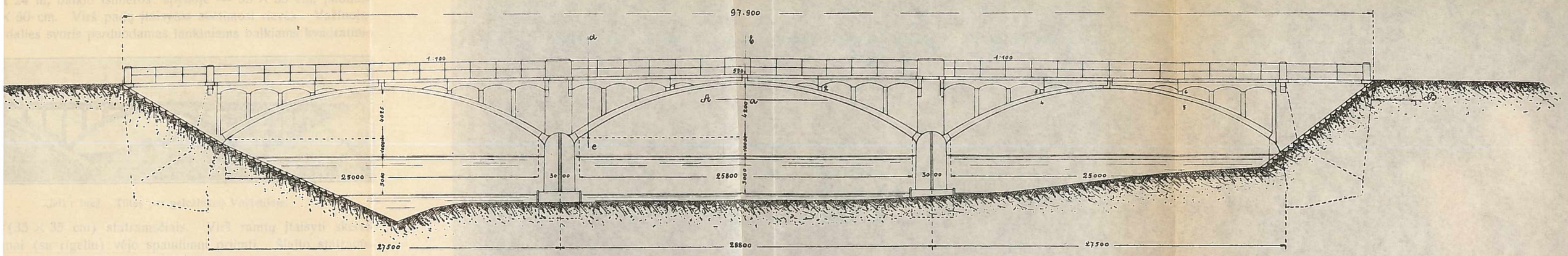
Atskirų lankinių balkių vartojimas vietoje ištisų plačių skliautų leidžia žymiai sumažinti savąjį svorį ir duoda konstrukcijai lengvumo. Tiltų su viršskliautiniu statiniu važiuojamoji dalis paremia-

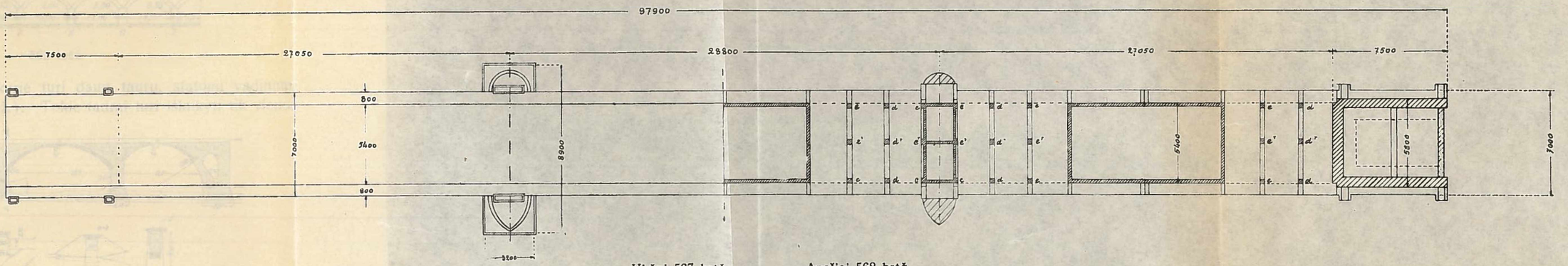


561 p brėž.

ma išilginėmis sienutėmis arba, dažniausiai, atskirais statramsčiais. 561 n brėž. parodo paprastą tokio lankinio balkio konstrukciją; armatūra sudaro 0,63%. Vartojant vietoje apvalios geležies standžią geležinę armatūrą (Melano sistema), balkiui duodamas I pavidalo piūvis (561 o brėž.). Klojiniai kabinami ant standžios balkio armatūros.

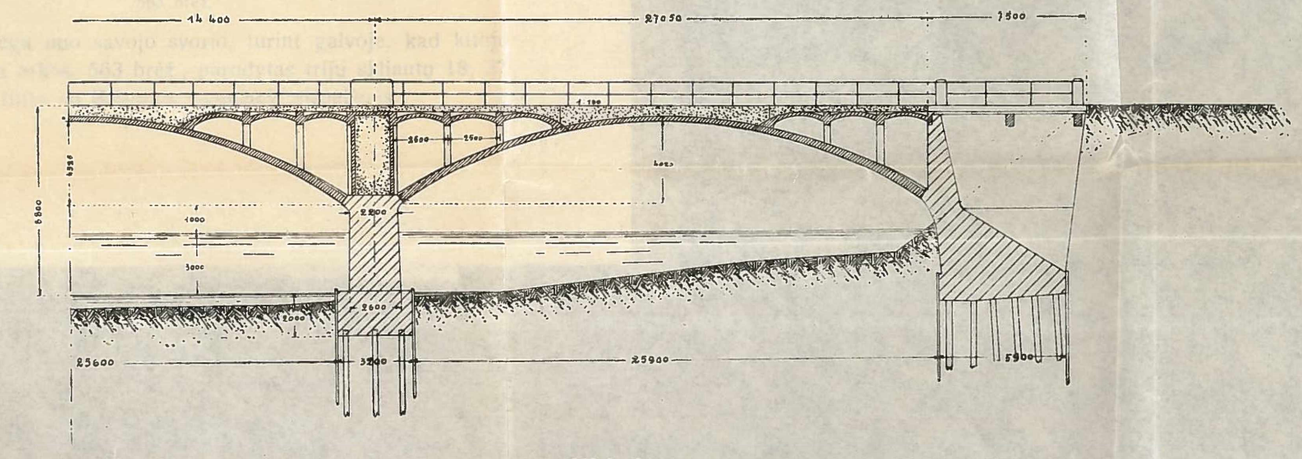
R A D I Š K I Ų T I L T A S



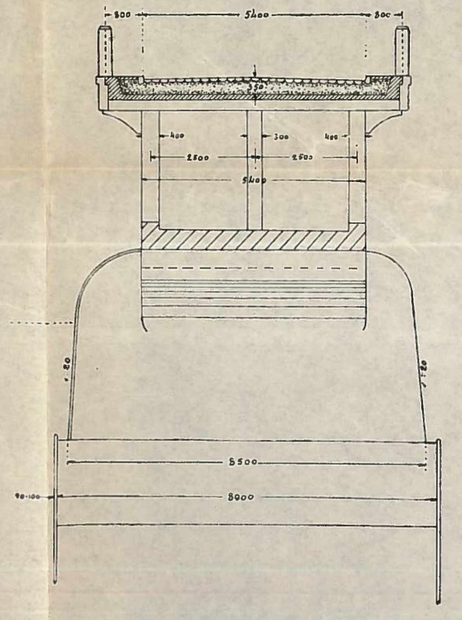


Viršuj 567 brėž.

Apačioj 568 brėž.

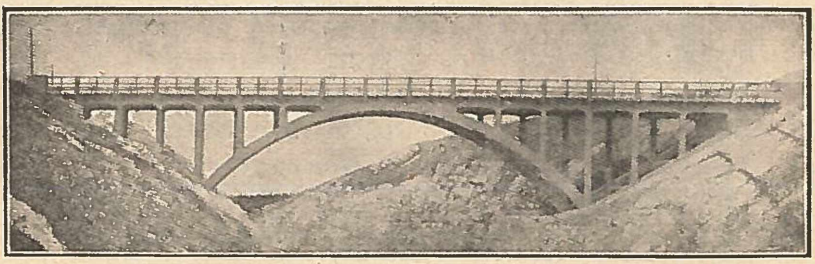


569 brėž.



570 brėž.

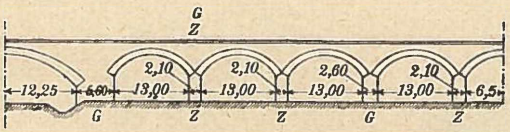
561 p brėž., parodytas toks dviejų lankinių balkių tiltas. Tilto anga 24 m, balkio išmieros: spynoje — 55 × 35 cm, paduose — 70 × 50 cm. Virš padų įtaisytos skėtimosi rievės. Važiuojamosios dalies svoris perduodamas lankiniams balkiams kvadratinio



561 r brėž. Tiltas per geležinkelį Vokietijoje.

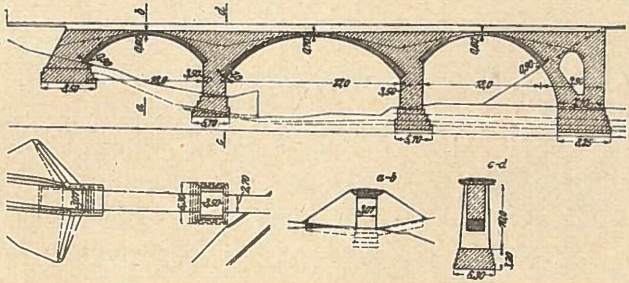
piūvio (35 × 35 cm) statramsčiais. Virš ramtų įtaisyti skersiniai rėmai (su rigeliu) vėjo spaudimui priimti. Šlaito statramsčiai palaiko balkinį briauninį perdengimą; jie turi atskirus pamatus ir surišti skersiniais ryšiais.

561 r brėž. parodo tilto vaizdą.



562 brėž.

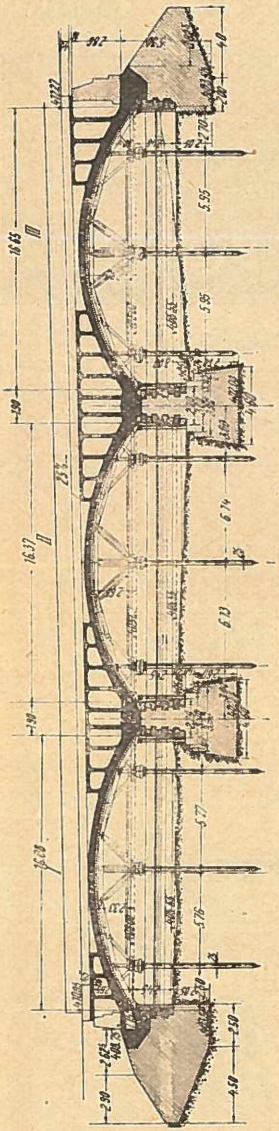
Arkiniams tiltams, kurie turi daug taurų, statomi vadinami grupiniai taurai (562 brėž.). Tokie taurai turi išlaikyti tik vienos



563 brėž.

arkos skėtimo jėgą nuo savojo svorio, turint galvoje, kad kitoje pusėje visai nėra arkos. 563 brėž., parodytas trijų skliautų 18, 27 ir 18 m arkinis tiltas su ištisomis šoninėmis sienelėmis.

564 brėž., parodytas trijų skliautų su viršskliautiniu statiniu bešarnyrinis tiltas ir jo pastoliai.



564 brėž.

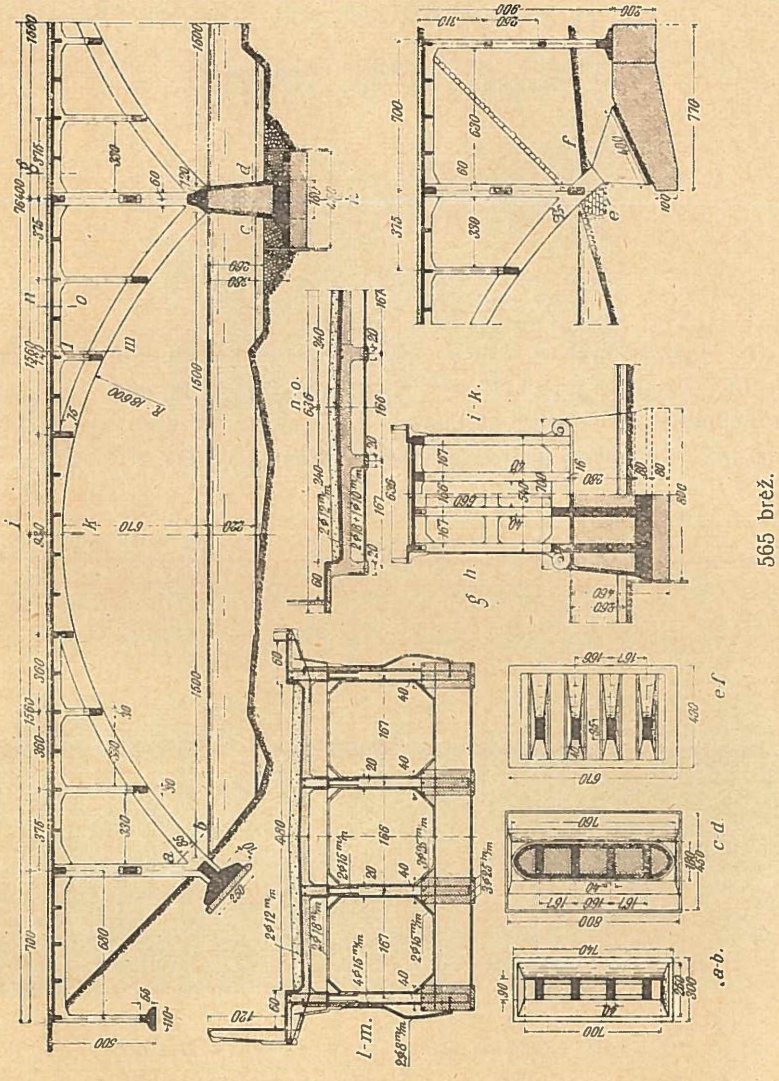
565 brėž. parodyta Vengrijoje pastatyto arkinio tilto konstrukcija; tilto ilgis 76,40 m, 2 skliautai po 30 m ir 6,70 m pakilos, du kraštiniai tarpai po 6,80 m. Važiuojamoji dalis susideda iš 4 išilginių balkių, jų ilgis 3,60 m ir kolonų 30 × 30 cm. Arka sudėta iš 4 briaunų per 1,67 m viena nuo kitos. Skliautų armatūra iš geležies 25 mm apv. strypų. Pamatai stovi ant uolos.

Arkiniams tiltams daugiausiai vartojama trijų šarnyrų sistema, kuri labai gerai tinka ir Lietuvoje. Tokius tiltus stato ten, kur nepatikimas gruntas, kad išvengus atramų nusėdimo ir temperatūros įtakos; betono gniužimui atsparumas gali būti pilnai išnaudotas, skaičiavimas aiškus ir greitas. Trūkumais galima laikyti: brangesnis tilto išlaikymas, didesnė skėtimo jėga, tad reikia didesnių atramų; kartais gaunamas gana didelis spynos nusėdimas, nuėmus klojinius.

Trijų šarnyrų arkos gali būti, kaip ir bešarnyrinės — ištisų skliautų arba atskirų briaunų. Įstačius šarnyrus, reikia tose vietose įtaisyti rieves, kurias reikia apsaugoti nuo užteršimo ir nuo vandens. 566 a, b, c, d, e, f brėž. parodyti šarnyrinių rievių uždengimo pavyzdžiai. Tatai galima pasiekti, uždėjus gelžbetonines plokšteles (566 a brėž.) arba skardą (566 b, c, d brėž.). Gelžbetonines plokšteles dar galima įstatyti 566 e, brėž. nurodytu būdu.

XVII brėžinių lape, 567, 568, 569 ir 570 brėž. parodytas 1923 m. pastatytas prie Ukmergės per Šventosios upę Radiškių arkinis

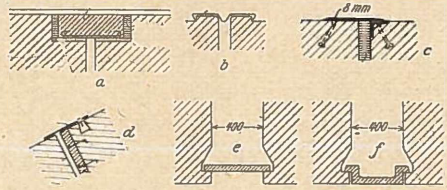
tiltas. Tiltas turi 97,90 m ilgio; jis susideda iš trijų arkų po 25 m ilgio. Arkos su trimis šarnyrais; jų strėlė 4,20 m. Skliautai ištisi su viršskliautiniu statiniu, kuris susideda iš nedidelių



565 brėž.

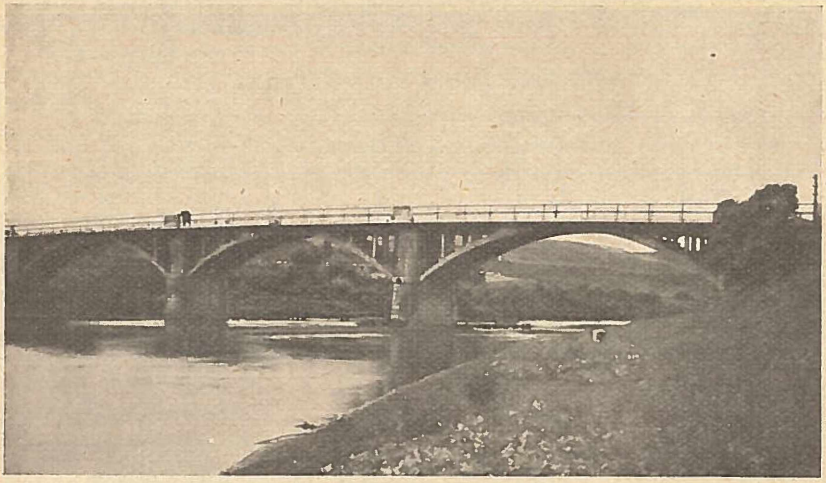
skliautų per 2,60 m viens nuo kito ir kolonų. Arkų armatūra iš apv. 14 mm strypų. Važiuojamosios dalies plotis 5,40 m, 2 šaligatviai po 0,80 m. Taurų plotis 3 m; taurai ir ramtai pastatyti ant polių. 571, 572 brėž. parodytas bendras tilto vaizdas.

XVIII brėžinių lape 573 brėž. parodytas 1929 m. Marijampolės kelių rajone pastatyto Kirsnos arkinio tilto fasadas. Tiltas turi dvi trijų šarnyrų arkas po 20 m, strėlė — 4,00 m. Bendras tilto ilgis — 55 m. Arkos ir šoninės sienelės ištisos. 574 brėž. parodytas tilto



566 a—f brėž.

piūvis; važiuojamosios dalies platumas 6,50 m. Skliauto storis: spynoje ir pade — 40 cm. 575 brėž. parodytas skliauto planas. Vandeniui nuleisti prie skliautų padų padėti ketiniai vamzdžiai (576 brėž.) Sienelių masei sumažinti padėta geležies armatūra, at-



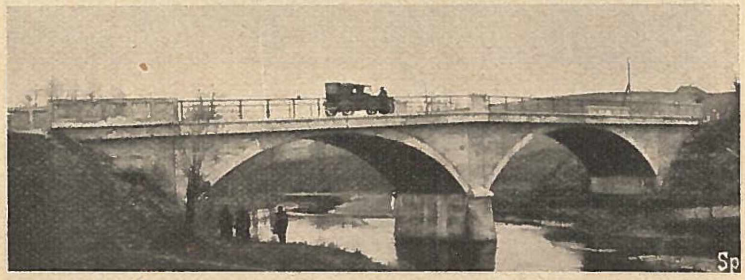
571 brėž. Radiškių plento tiltas per Šventosios upę.

ramose sienelės sutrauktos inkarais. 578 brėž. parodytas tilto piūvis; 577, 579, 580 skliauto ir sienelių armatūra: skliauto armatūra — viršuje 6 apv. strypai 14 mm; apačioje 6 strypai 14 mm 1-am ties m; sienelių armatūra — 5 apv. strypai 14 mm vienam ties. m.

Šarnyrai paprasti — 20 cm pločio ir 2 cm storio švino plokštės. Rievės matomos iš oro; jos yra pridengtos 2 mm skarda ir izoliacija. Taurai ir atramos buvo numatytos statyti ant polių, tačiau dėl gero grunto jie nebuvo kalami. Geležies armatūros suvartota apie 17.500 kg. 581 brėž. parodytas bendras tilto vaizdas.

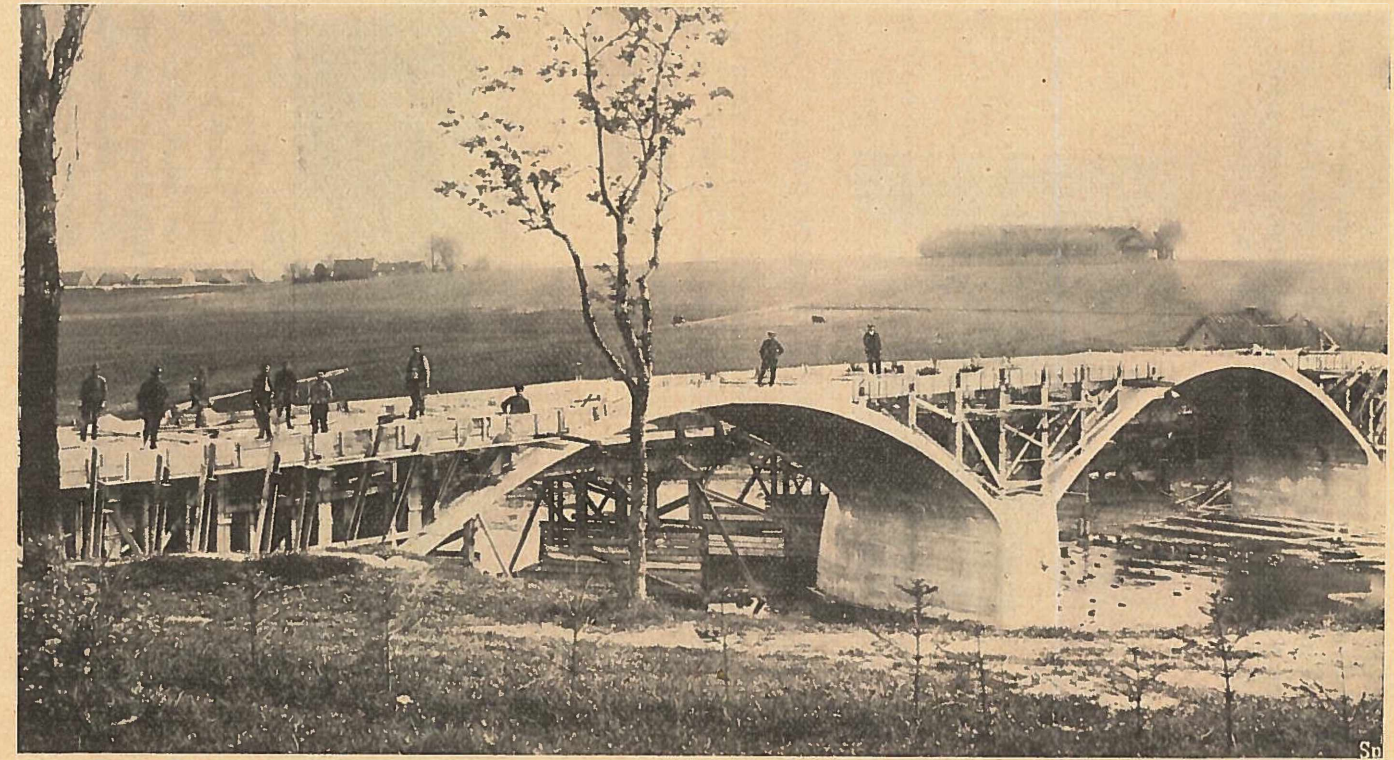
572 brėž. Radiškių tiltas per Šventosios upę.

XIX brėžinių lape, 582 brėž. parodytas 1925 — 1926 metais Pl. ir V. K. Valdybos, Marijampolėje per Šešupę pastatyto Kumelionių arkinio tilto fasadas ir išilginis piūvis. Tiltas turi dvi trijų šarnyrų arkas po 25 m angos su viršskliautiniu sta-

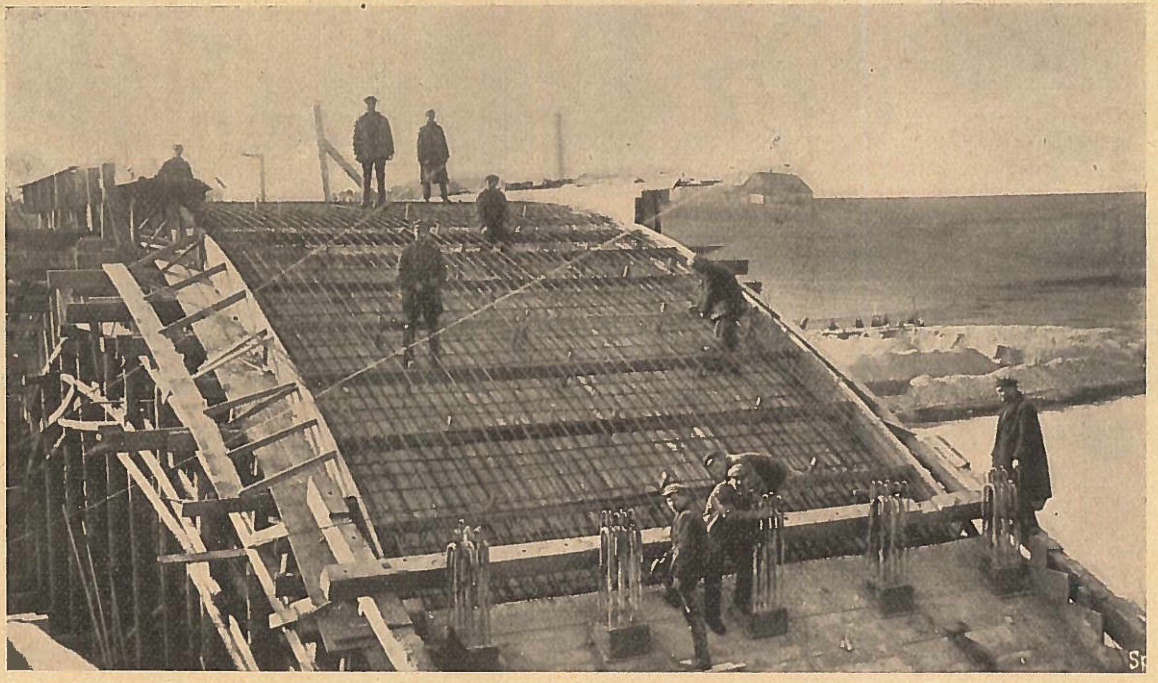


581 brėž. Kirsnos tiltas.

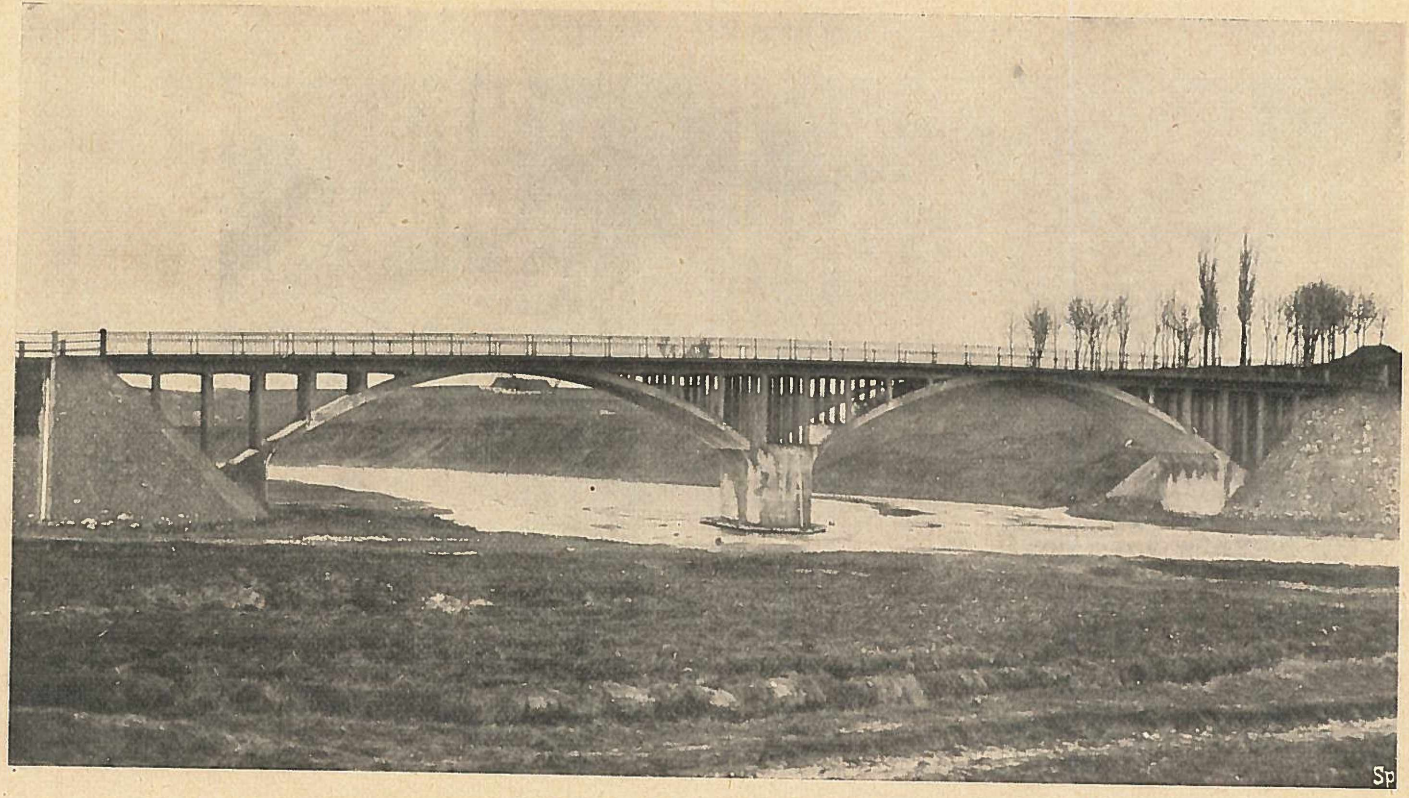
tiniu iš kolonų ir briauninės plokštės. Tiltas 68,25 ilgio. Važiuojamosios dalies plotis — 6,00 m, du šaligatviai po 1,00 m; šaligatviai ant einančių per visą tiltą konsolinių plokščių. Skerspiūvyje pastatytos 5 kolonos per 1,50 m viena nuo kitos (587 e brėž.), išilgai tilto tarp kolonų eilių tarpas — 2,40 m. Kolonos



588 brėž. Kumelionių tiltas per Šešupę.

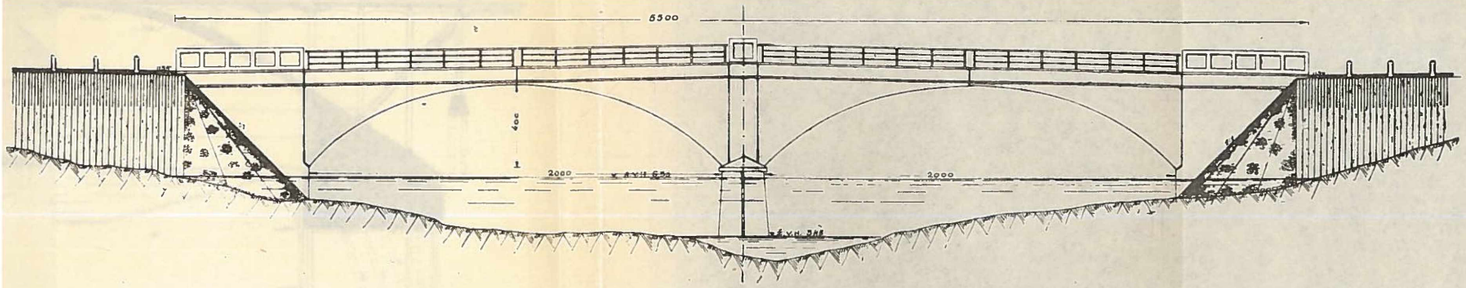


589 brėž. Kumelionių tiltas per Šešupę.

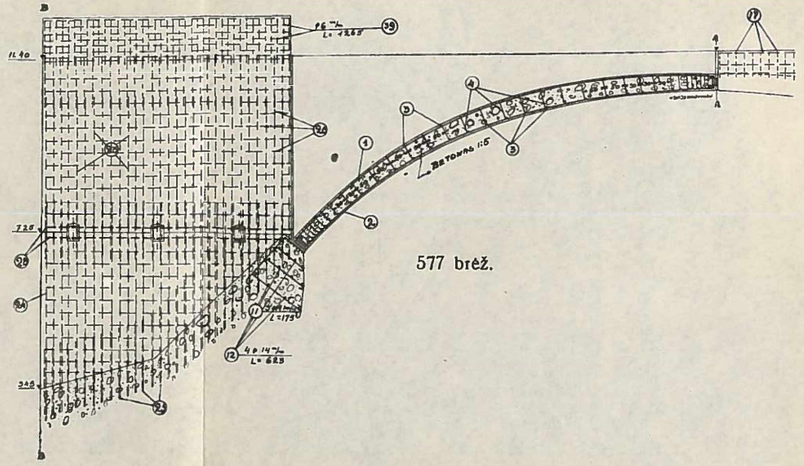


590 brėž. Kumelionių tilto vaizdas.

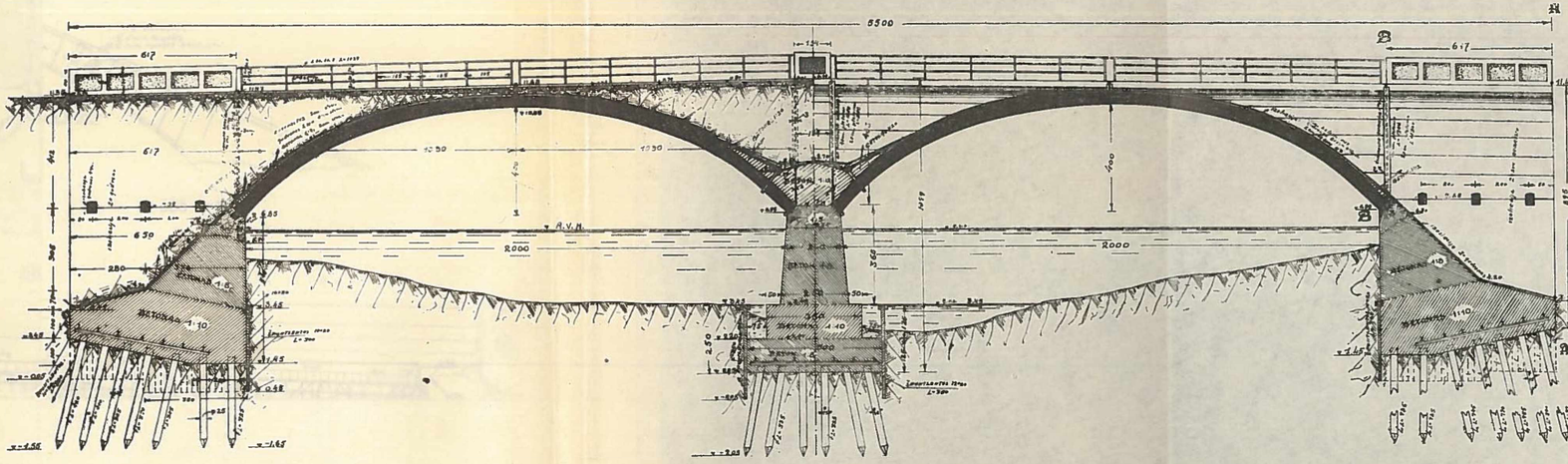
K I R S N O S T I L T A S



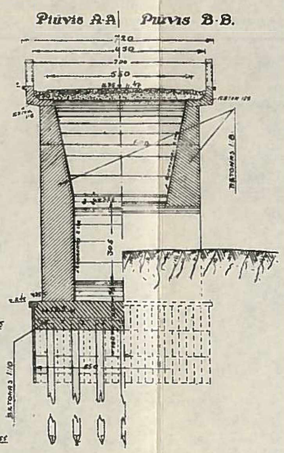
573 brėž.



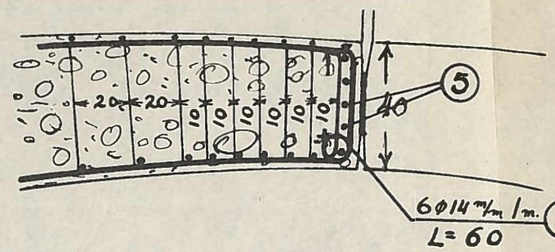
577 brėž.



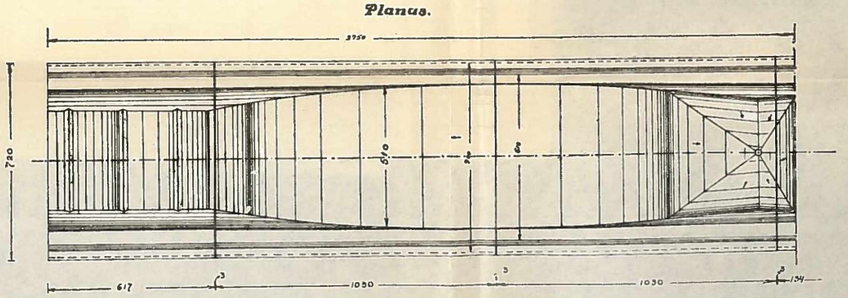
574 brėž.



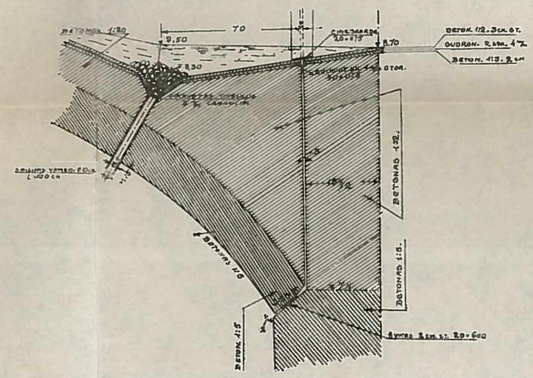
578 brėž.



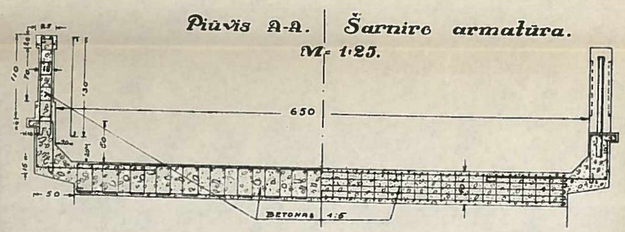
579 brėž.



575 brėž.

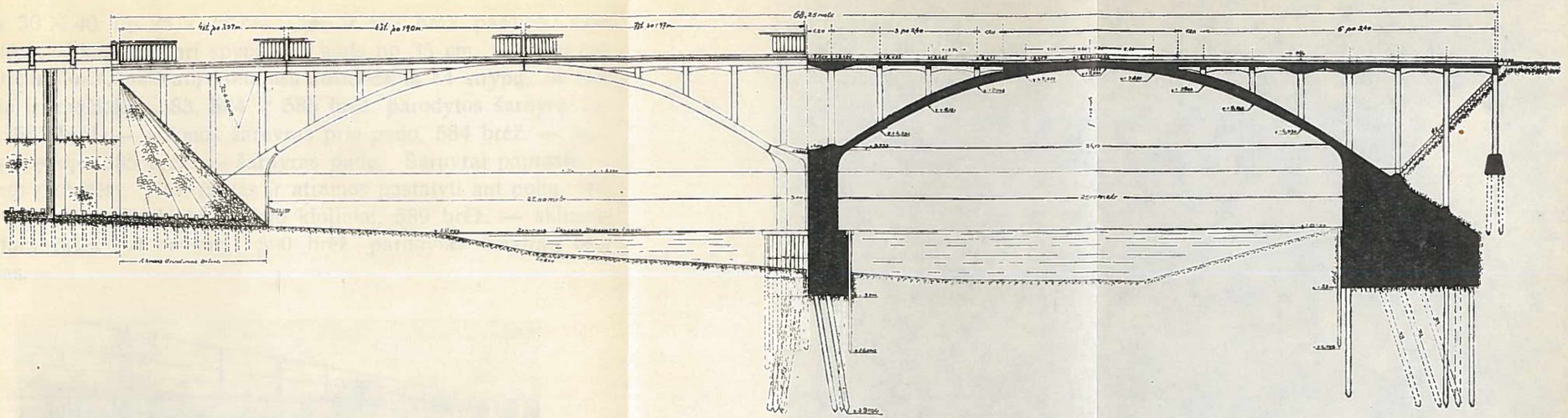


576 brėž.

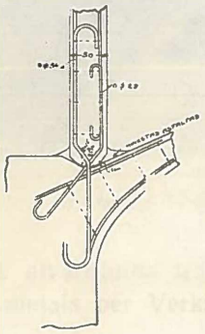


580 brėž.

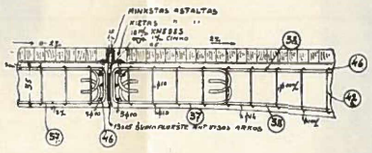
KUMELIONIŲ TILTAS



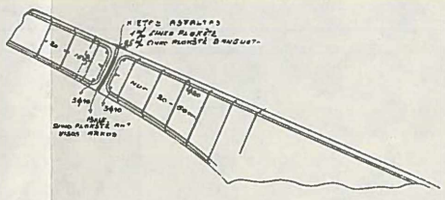
582 brėž.



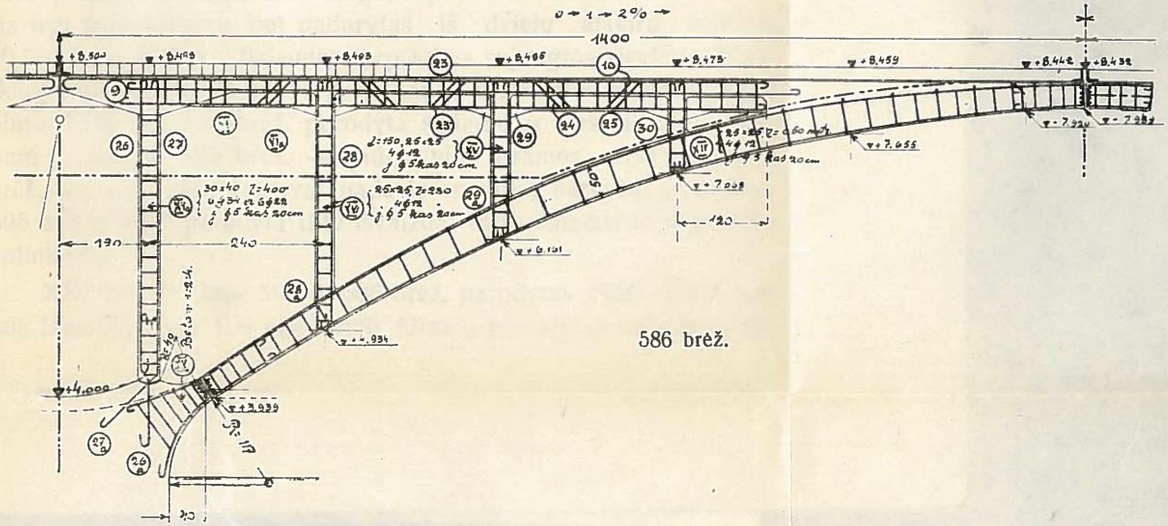
583 brėž.



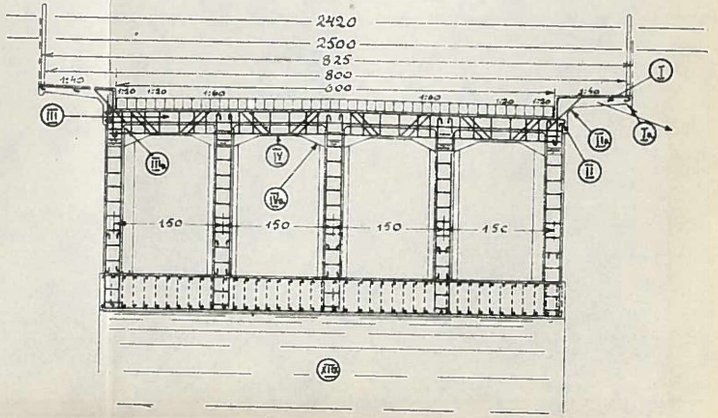
584 brėž.



585 brėž.

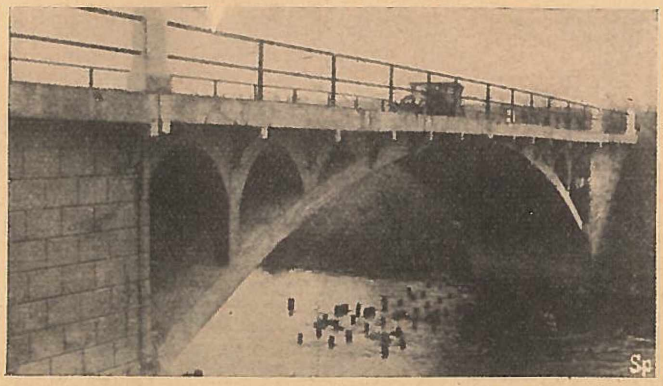


586 brėž.



587 brėž.

piūvis 30 × 40 ligi 25 × 25 cm. 586 ir 587 brėž. parodyta tilto armatūra. Skliautas turi spynoje ir pade po 35 cm., o ¼ angos — 50 cm storio. Skliautų armatūra susideda iš 44 strypų, 14 mm viršuje ir apačioje. 583, 584 ir 585 brėž. parodytos šarnyrų detalės: 583 brėž. — kolonos šarnyras prie pado, 584 brėž. — šarnyras spynoje, 585 brėž. — šarnyras pade. Šarnyrai paprasti — švininės plokštės. Tilto tauras ir atramos pastatyti ant polių. 588 brėž. parodyti viršarkinio statinio klojiniai, 589 brėž. — skliauto armatūra prieš betonavimą. 590 brėž. parodytas bendras tilto vaizdas.



591 brėž. Tiltas per Verkšnios upę.

591 brėž. atvaizduota trijų šarnyrų arka, 28 m angos, pastatyta 1924 metais per Verkšnios upę, Kronių — Jezno plento ruože.

XX brėžinių lape 592 brėž. parodytas 1926 m. netoli Skaudvilės pastatyto Ančios tilto išilginis piūvis ir fasadas. Skliautas čia irgi trijų šarnyrų, bet padarytas iš dviejų atskirų briaunų 50 × 55 cm piūvio. Briaunos tarp savęs sujungtos rigeliais. Viršskliautinis statinys susideda iš kolonų ir briauninės plokštės. Tilto plotis 7,00 m. 596 brėž. parodyta skliauto ir viršskliautinio statinio armatūra, 593 brėž. — piūvis virš atramos. 594 ir 595 brėž. parodyti tilto šarnyrai pade ir spynoje; šarnyrai plieniniai. 596 a ir b brėž. parodyta tilto išvaizda, tiltas vaizdus ir pagražina aplinkumą.

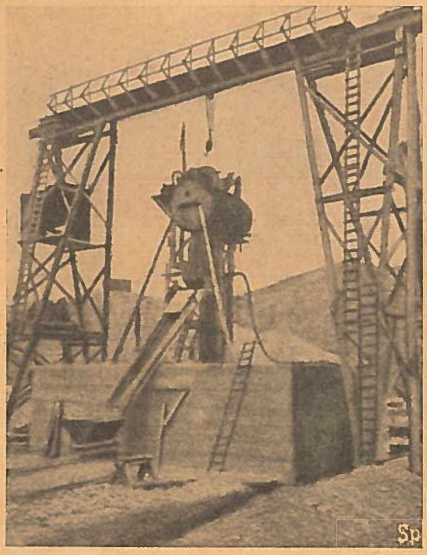
XXI brėžinių lape 597 — 606 brėž. parodytas 1926—1927 metais Ispanijoje per Rio upę netoli Alfarro pastatytas trijų arkų til-

tas. Kiekvienos arkos anga 36,06 m; jų sistema — trijų šarnyrų su viršarkiniu statiniu. Tilto piūvis matomas iš 599 brėž. važiuojamosios dalies plotis 4,50 m ir du šaligatviai po 0,75 m. Važiuo-

596 a brėž. Ančios tiltas ties Skaudvile.

596 b brėž. Ančios tiltas ties Skaudvile.

jamoji dalis — 4 balkiai, plokštė ir 4 kolonos. Kiekvienoje arkoje 10 eilių kolonų, vidurinė dalis 9,00 m ilgio guli tiesiog ant arkos (598 brėž.). Grunto tyrimai parodė, kad reikia abu taurus ir dešinįjį ramtą pastatyti ant gilių pamatų, tuo tarpu, dešinysis ramtas pastatytas tiesiog ant uolos. Kadangi buvo pavojaus išplauti, tai pamatai pastatyti ant kesonų. Kiekviena arka turi šarnyruose 0,45 m, ¼ angos — 0,74 m storumo. Didžiausieji įtempimai ¼ angos 40 kg/cm²; geležies armatūra 17 str. 14 mm viso skliauto platumui. Šarnyrai padaryti riedamieji iš gelžbe-

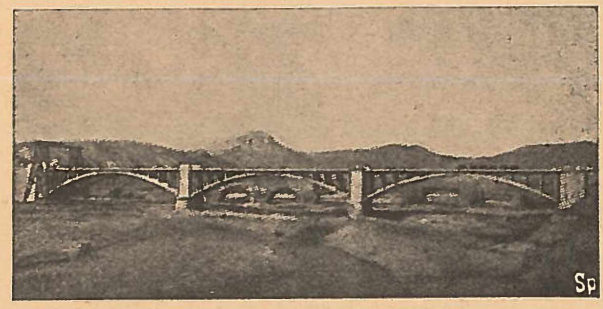


607 brėž. Tilto per Rio upę kesonas.

tonio. Jų detalės parodytos 601 ir 602 brėž. Abiems tauramis ir vienam dešiniajam ramtui reikalingi kesonai yra padaryti iš geležies betono 6,50 × 11,00 m ir 8,0 × 11,0 m. Kesonų armatūros detalės parodytos 603 brėž. Kesonams nuleisti buvo padarytos dirbtinos salos. 604 brėž. matomos visos kesono nuleidimo stadijos. Gilumui didėjant įstatoma vis daugiau šliuzo vamzdžių. Pie 9 m gilumo reikėjo 1 vamzdis 3,00 m ilgio, 2 po 2,50 m ir vienas po 1,50 m ilgio, viso 9,50 m ilgio. 607 brėž. parodytas viso kesonui nuleisti įrengimo vaizdas. 605 brėž. parodyti arkų klojiniai ir pastoliai. Skersiniam piūvyje statramsčiai pastatyti per 1,0 — 1,20 m atstumo. Išilgai tilto statramsčiai stovi per 4,35 m vie-

nas nuo kito su betoninėmis paduškomis. Pastoliams nuleisti įstatyti domkratai. Viršarkinio statinio pastoliai ir klojiniai parodyti 606 brėž. 608 brėž. parodytas bendras tilto vaizdas.

Arkose su važiavimu apačia važiuojamoji dalis esti pakabinta ant dviejų arkų. Tokios sistemos arkos taikomos tada, kai mažas konstrukcinis aukštis, aukštas vanduo ir žemi krantai. Kai arka



608 brėž. Tiltas per Rio upę (Ispanijoje).

tvirtai sujungta su važiuojamąja dalimi, tai gaunama neaiški statiška konstrukcija; kai angos didelės, patariama per tam tikrus atstumus padaryti skėtimosi rievės.

Arkinius tiltus su pakabinta važiuojamąja dalimi galima suskirstyti į: a) įtvirtinta arka su karpyta važiuojamąja dalimi (609 a brėž.), b) trijų šarnyrų arka su karpyta važiuojamąja dalimi (609 b brėž.), c) dviejų šarnyrų arka su styga horizontalinei jėgai priimti (609 c brėž.), d) trijų šarnyrų arka su styga (609 d brėž.).

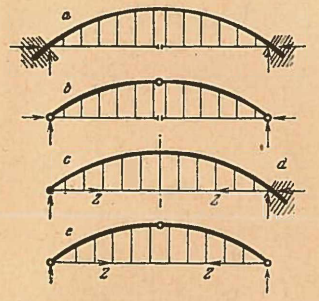
Arkų armatūra atitinka excentriškai apslogintas kolonas, tad į jas reikia dėti pakankamą skaičių skersinių vilkčių.

Pradedant nuo vidutinio didumo angų, arkas reikia sujungti viršuje rigeliais. Rigelių piūvis keturkampis arba briauninės plokštės pavidalo. Rigeliai priima vėjo spaudimą ir sumažina arkų lenkimo ilgį.

Tokie rigeliai parodyti 610 brėž. Jei dėl kokių nors sumetimų nenorima įtaisyti rigelių, tai tąsyk reikia pakabas apskaičiuoti šoniniam lenkimui.

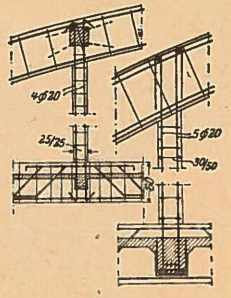
Pakaboms patariama duoti keturkampio piūvio formą ir pastatyti statmenai tilto ašiai. Pakabų armatūra turi būti gerai įtvir-

tinta tiek važiuojamosios dalies, tiek ir arkos betone. Paprasčiausiai tatai galima pasiekti apsupus arkos ar važiuojamosios dalies armatūrą uždaromis kilpomis (611, 612 brėž.). Kartais de-



609 a — d brėž.

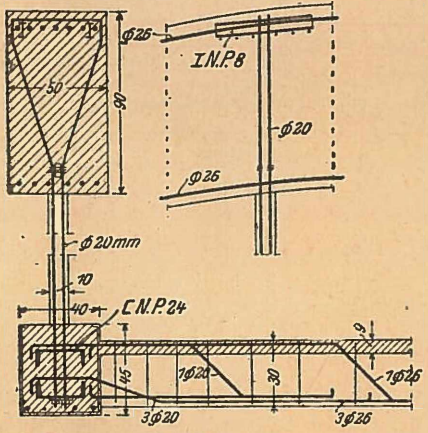
610 brėž.



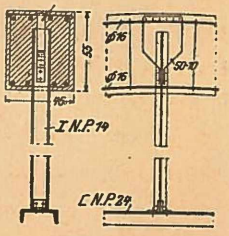
611 brėž.

dama ir profiliuota geležis (613 brėž.). Kad išvengus plyšių, betoną geriau plūkti pakabose, nuėmus tilto klojinius.

614, 615, 616 brėž. parodytas 1922 — 23 metais Rytprūsiuose netoli Wehlau per Alle upę pastatyto arkinio tilto išilginis, skersinis piūviai ir planas. Tilto sistema: arka su pakabinta važiuoja-

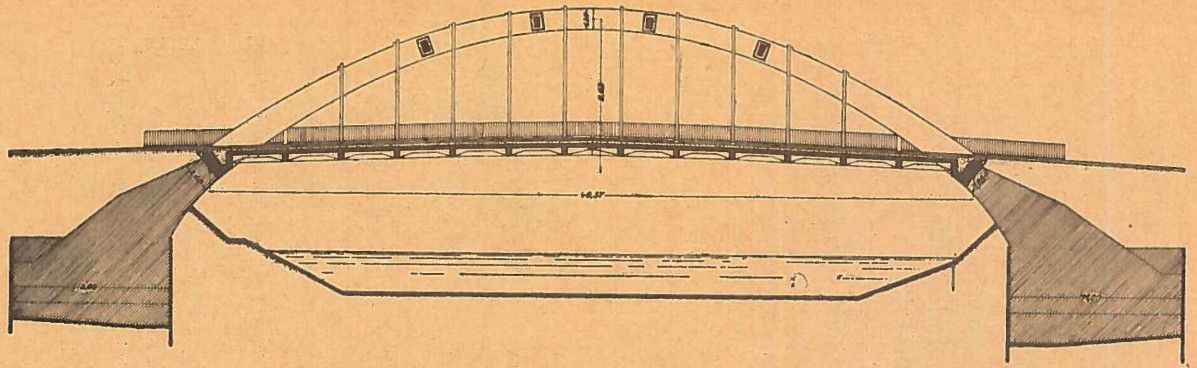


612 brėž.

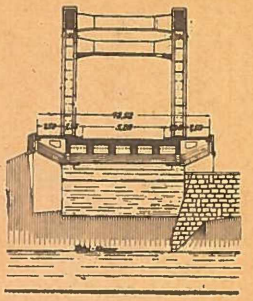


613 brėž.

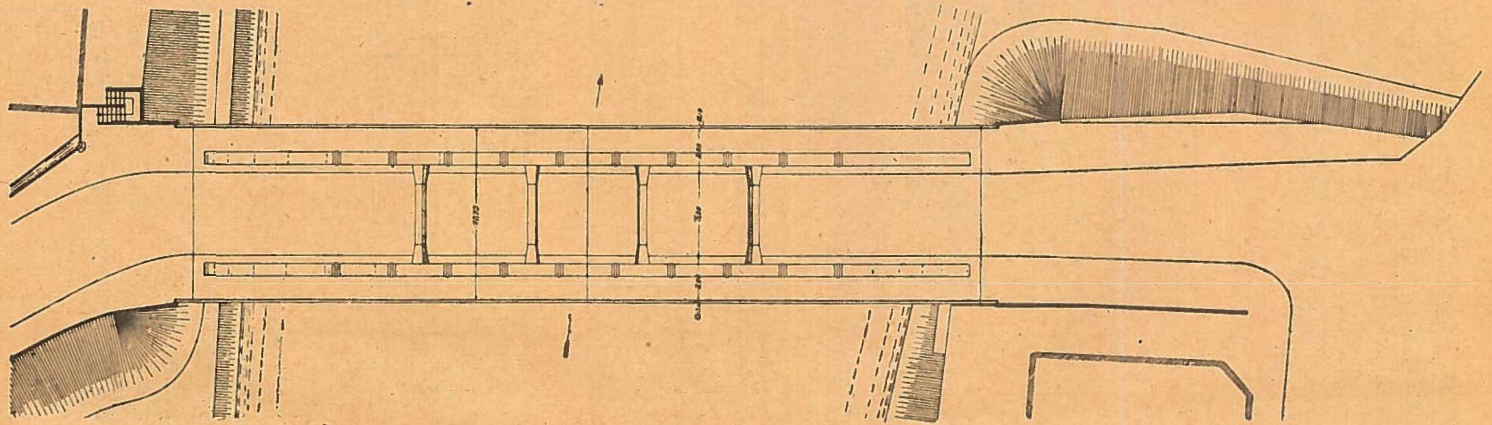
mąja dalimi, važiavimas apačia. Skaičiuojamoji anga — 48,37 m, strėlė 9,62 m, arkos piūvis spynoje — 1,30 × 0,80 m, pade 2,00× ×0,80 m. Arka bešarnyrinė ir be stygos, vadinasi, skėtimą turi priimti atramos. Kad išvengus temperatūrinių įtakų, važiuojamoji dalis viduryje perpiauta. Važiuojamosios dalies plotis — 5,20 m, šalygatviai konsolėse po 1,50 m pločio.



614 bréž.



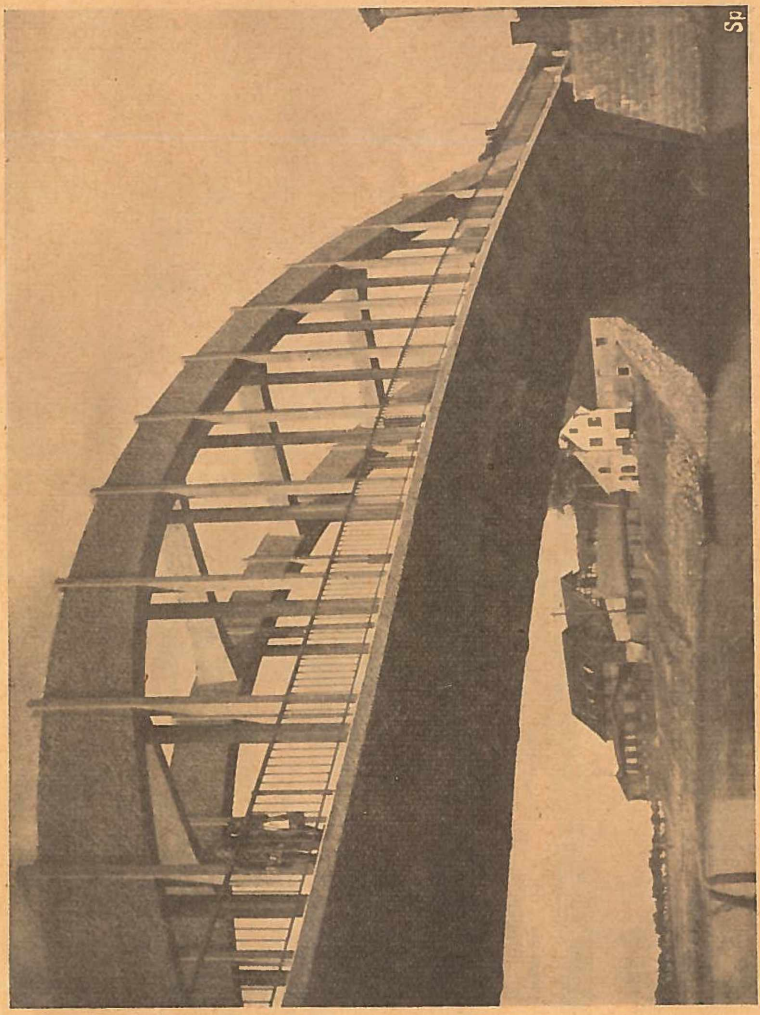
615 bréž.



616 bréž.

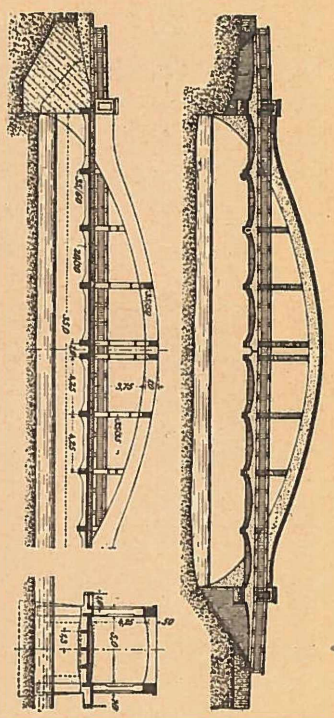
Dvilinkės pakabos apsupa arkas, horizontaliniam surišimui arkos turi 4 rigelius. Dėl didelės skėtimo jėgos atramos dugne turi 11,00 m pločio. 617 brėž. parodytas bendras tilto vaizdas.

Panašios sistemos arkinio tilto pavyzdys parodytas dar 618 brėž. Išmieros matyti iš brėžinio.

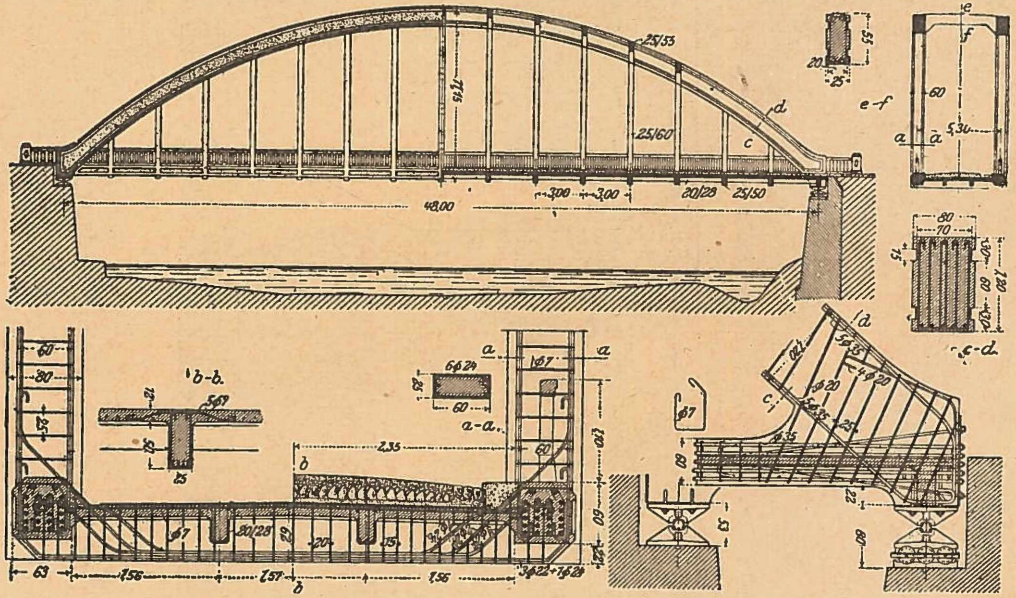


617 brėž. Tiltas netoli Wehlau per upę Alle (Rytų Prūsijoje).

619, 620, 621 brėž. parodytas 48 m skaičiuojamos angos arkinis tiltas (Starzer tiltas prie Vaidbruck'o), arka su styga. Arka 1,20 × 0,80 m, viršuje ir apačioje turi po 5 strypus 35 mm. Sty-



618 brėž.



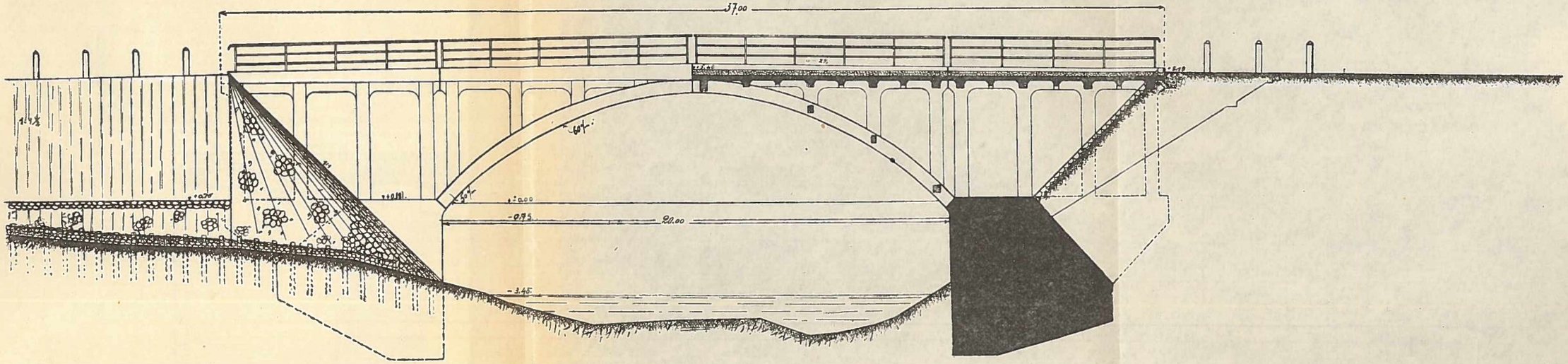
619 ir 621 brėž.

620 brėž.

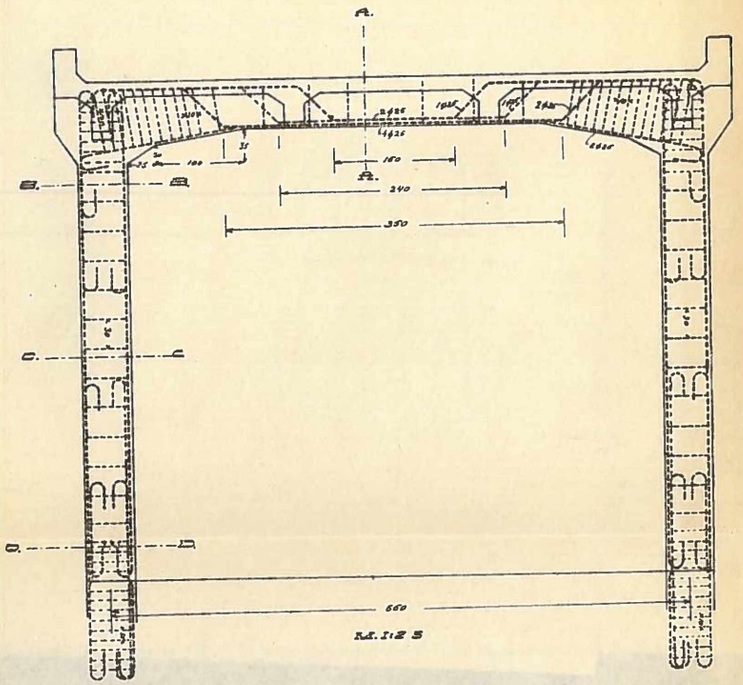
A N Č I O S T I L T A S

FASADAS.

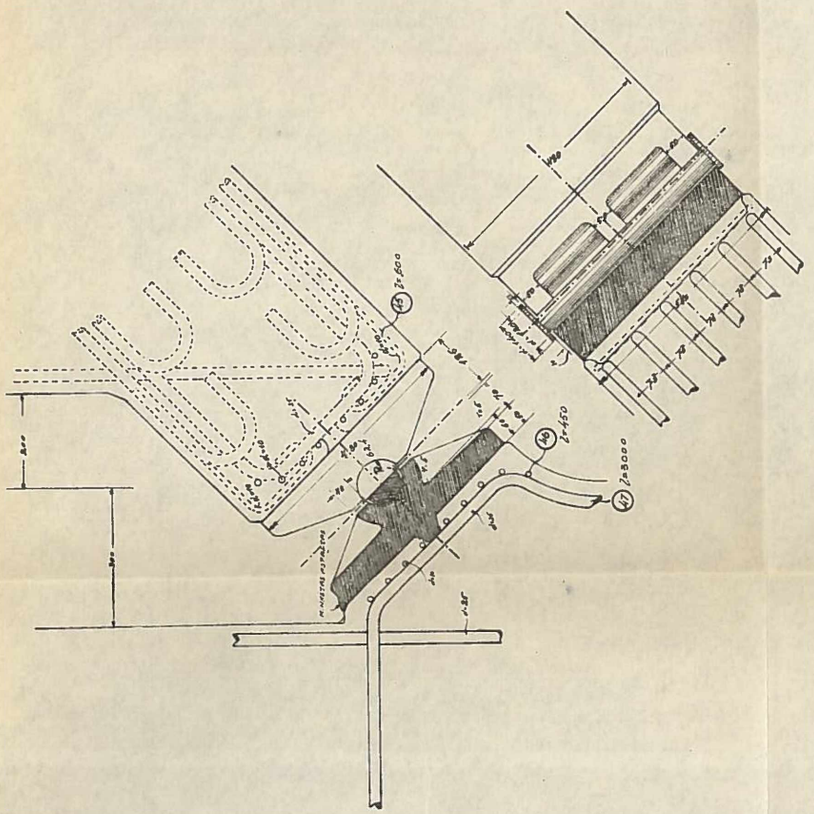
PLOVIS



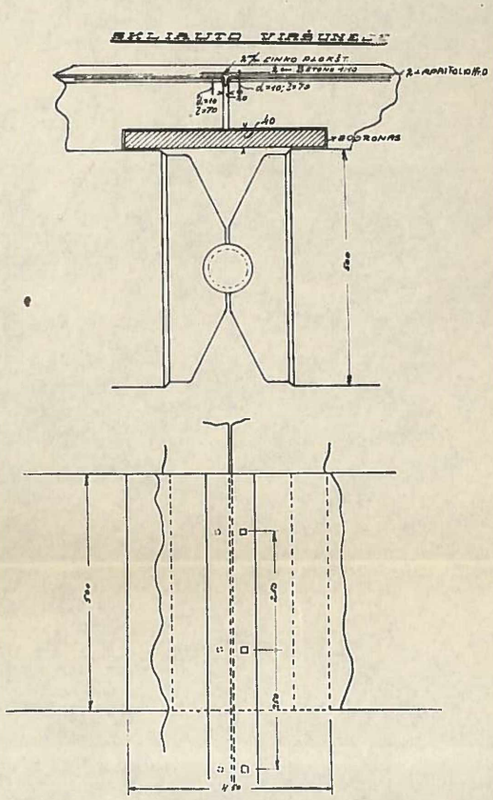
592 brėž.



593 brėž.



594 brėž.

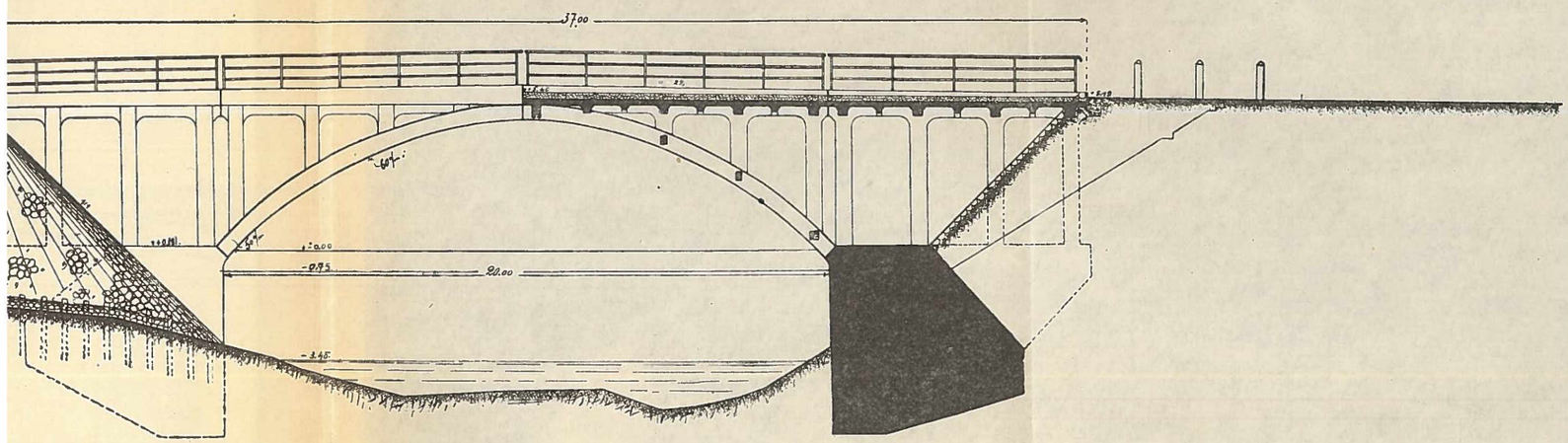


595 brėž.

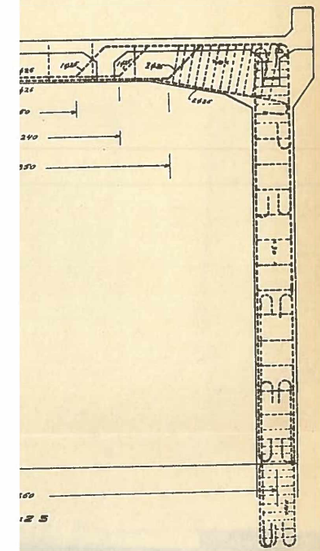
A N Č I O S T I L T A S

FASADAS

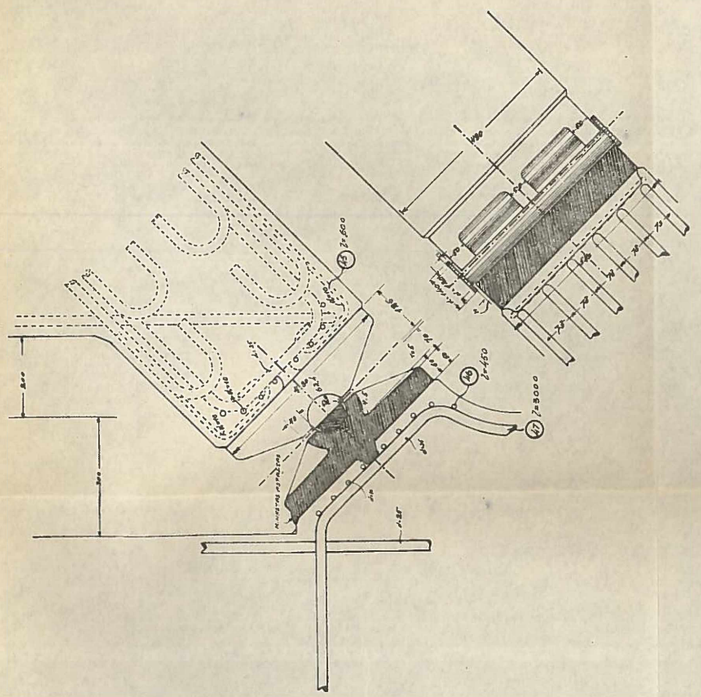
PLOVIS



592 brėž.

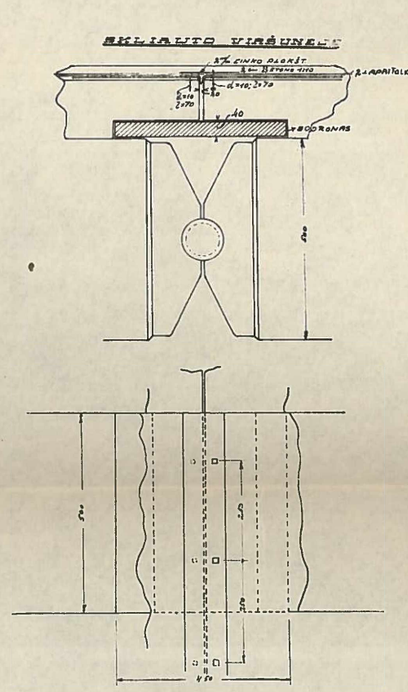


brėž.

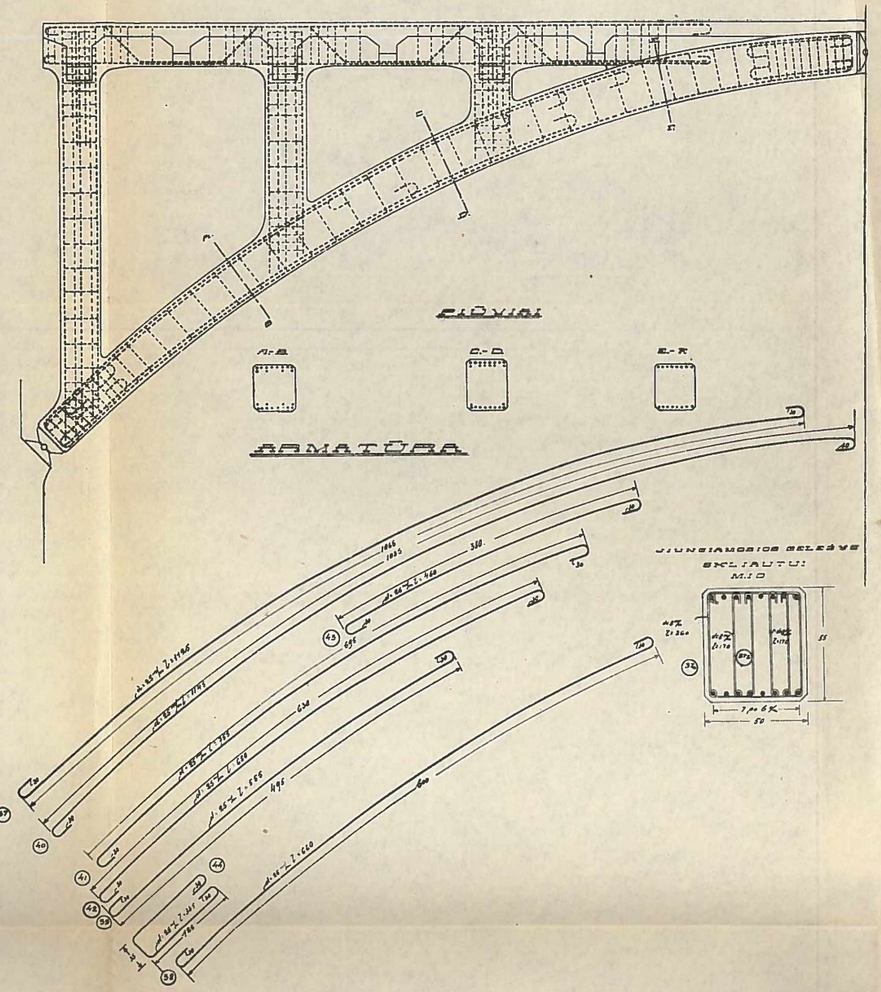


594 brėž.

SKLIAUTO VIRŠŪNĖ

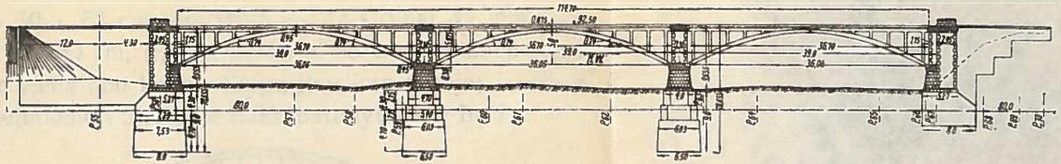


595 brėž.

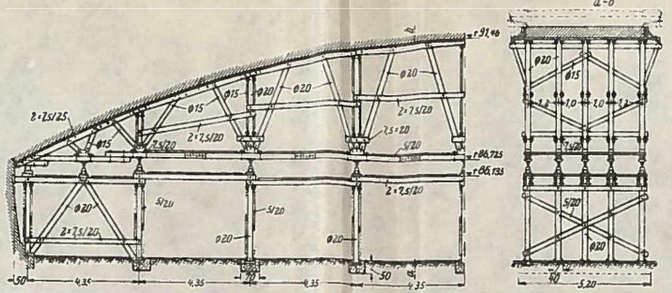


596 brėž.

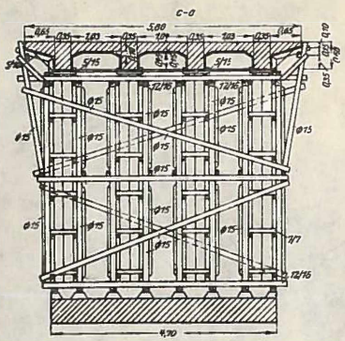
RIO TILTAS NETOLI ALFARRO

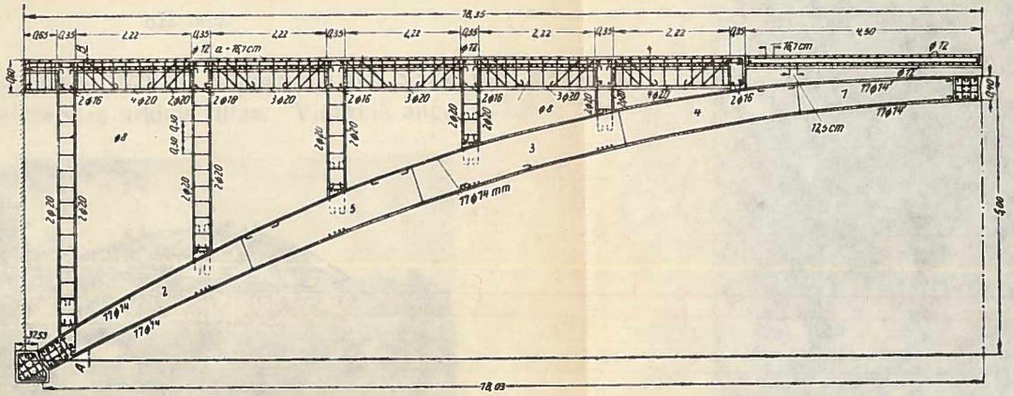


597 brėž.

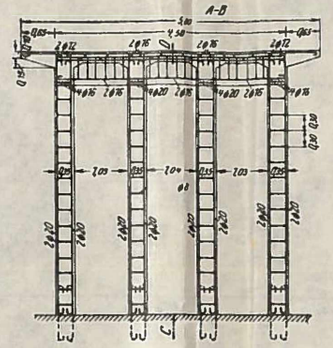


605 brėž.

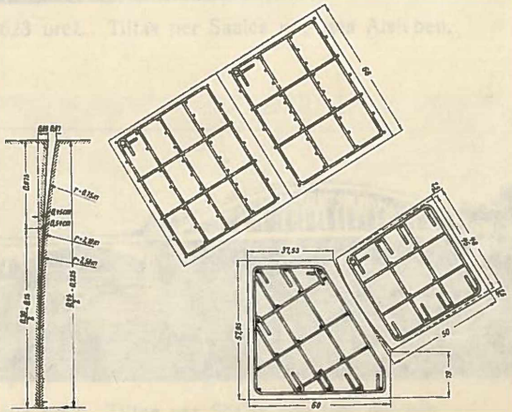




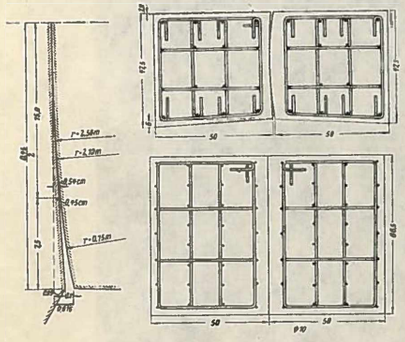
598 brėž.



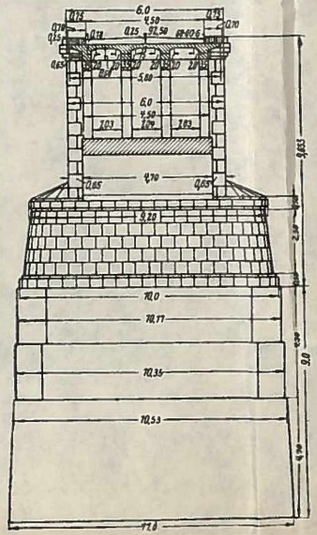
599 brėž.



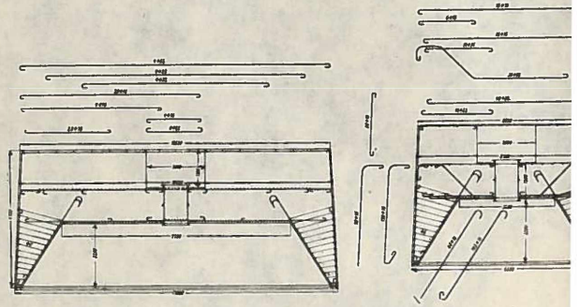
601 brėž.



602 brėž.

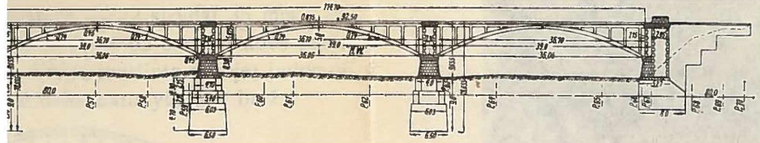


600 brėž.

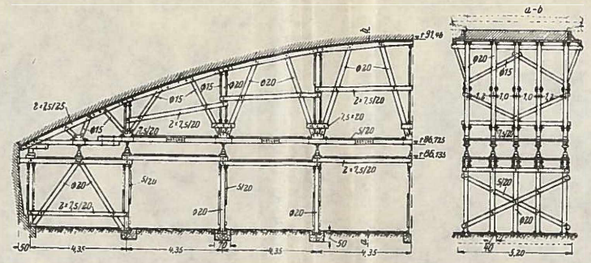


603 brėž.

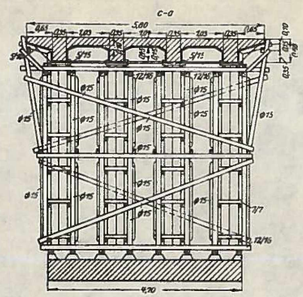
RIO TILTAS NETOLI ALFARRO

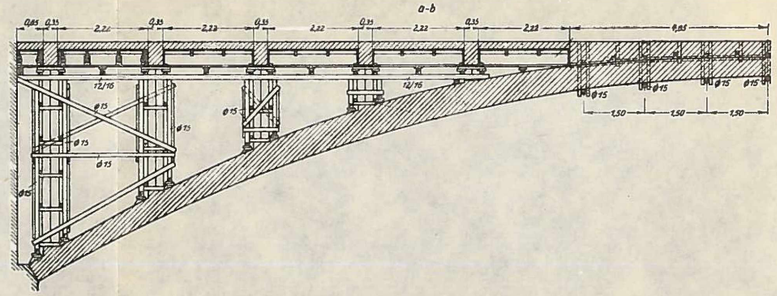


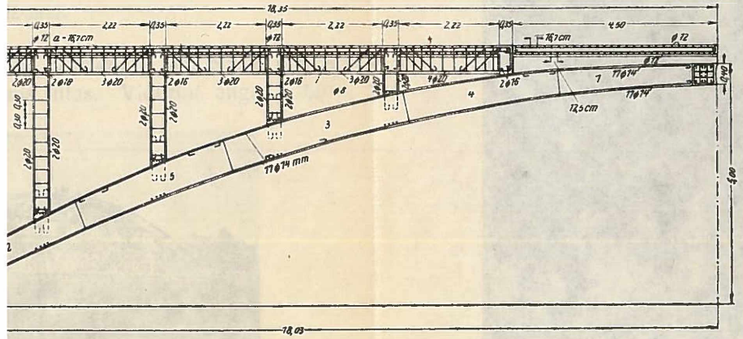
597 brėž.



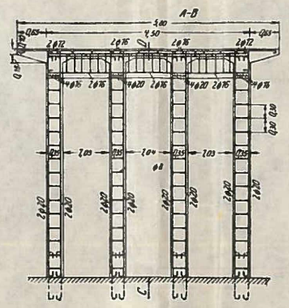
605 brėž.



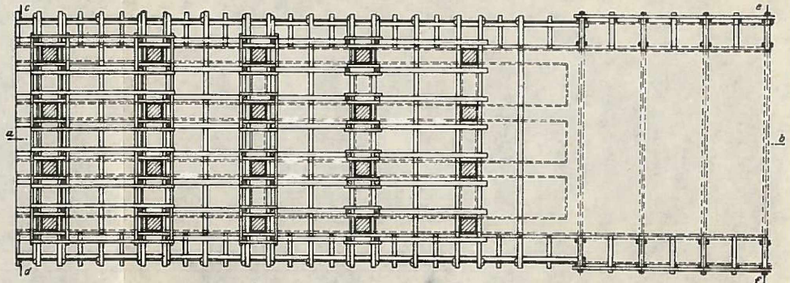




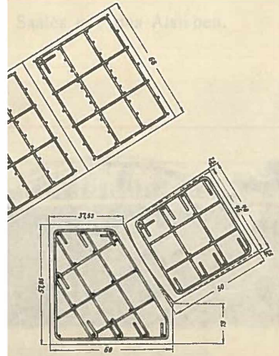
598 brėž.



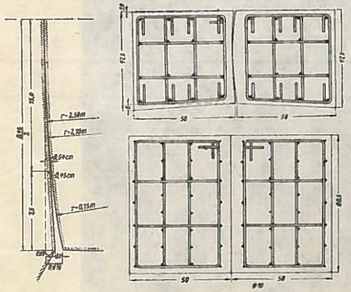
599 brėž.



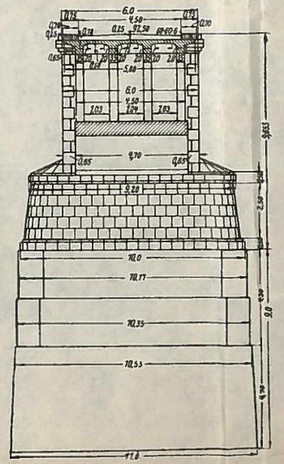
606 brėž.



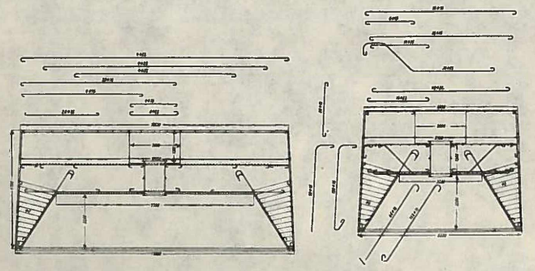
601 brėž.



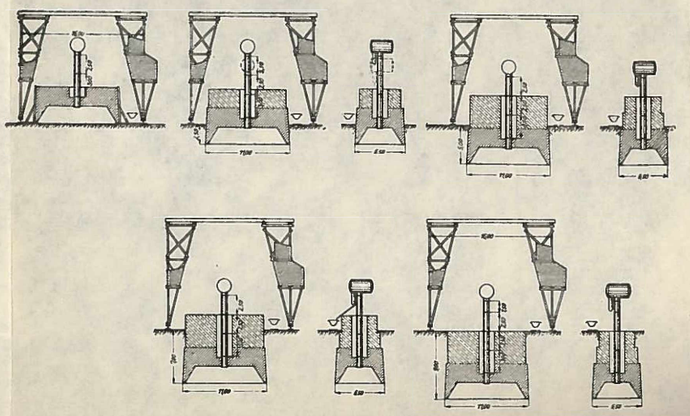
602 brėž.



600 brėž.

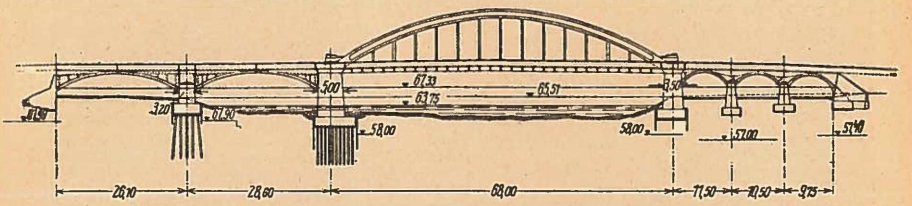


603 brėž.



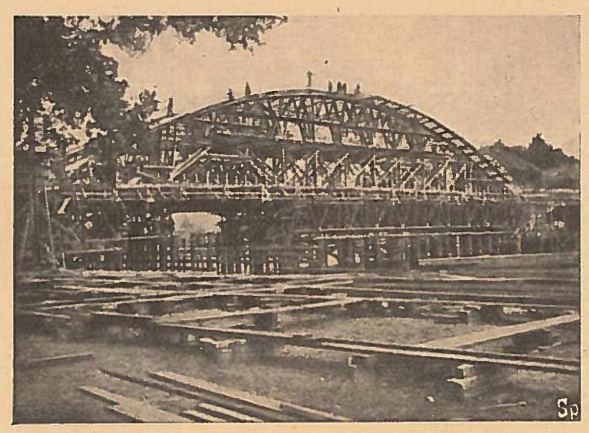
604 brėž.

gos išmiera — 60 × 63 cm, armatūra — 22 strypai 35 mm. Pakabos piūvis 25 × 60 cm, rigeliai — 25 × 55 cm. Pakabos pastatytos per 3,0 m viena nuo kitos. Styga įtvirtinta arkoje; judomoji, o taip pat ir nejudomoji atraminė dalis parodyta 620 brėž.



622 brėž.

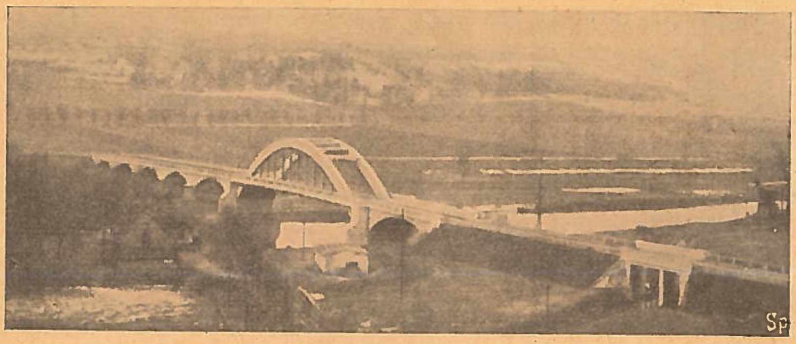
622 brėž. parodytas 1928 m. Vokietijoje per Saale upę prie miesto Alsleben pastatytas arkinis tiltas. Vidurinė anga — 68 m,



623 brėž. Tiltas per Saalės upę ties Alsleben.

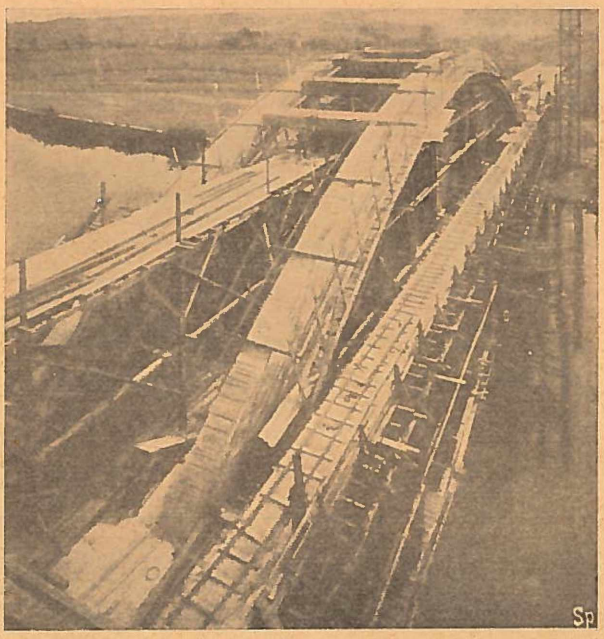
624 brėž. Tiltas per Saalės upę ties Asleben.

skaičiuojamos angos arka su važiavimu apačia; kairėje dvi — 26,10 ir 28,00 m angos arkos, su trimis šarnyrais, dešinėje — trys be-



625 brėž. Tiltas per Saalės upę netoli Haale.

šarnyrinės 11,50, 10,50 ir 9,75 m angos arkos. Vidurinė didesnė anga buvo reikalinga tam, kad patenkinus laivininkystės reikalavi-



633 brėž. Tiltas per Saalės upę netoli Halle.

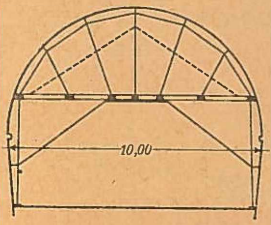
mus. Tyrinėjimai parodė įvairų gruntą, tad vienoje pusėje pastatytos trijų šarnyrų arkos, o kitoje — be šarnyrų. Atramų dalis stovi

ant polių, dalis be jų. Trijų šarnyrų arkų betono sudėtis — 1:3:3, spynoje 40 cm, pade 44 cm storumo. Bešarnyrinių mažų arkų betono sudėtis — 1:4:3. Vidurinė didžioji anga — 68 m angos dviejų šarnyrų arka su styga, strėlės santykis 1:6. Arkų profilis I formos, jų storis spynoje 1,80 m, plotis 90 cm. Arka išvesta pagal

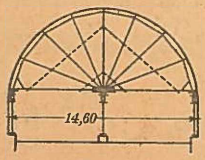
364 brėž. Tiltas per Saalės upę netoli Halle.

tikrą parabolę. Styga susideda iš St 48 plieno 5 plokštinių sukniedytų geležių. 623 brėž. parodyti didžiosios angos pastoliai, o 624 brėž. — bendras viso tilto vaizdas.

625 brėž. parodytas 1928 m. Vokietijoje per Saale upę netoli Halle pastatyto arkinio tiito vaizdas. Tiltas maišytos arkinės sistemos, dalinai su važiavimu viršumi, dalinai — apačia.



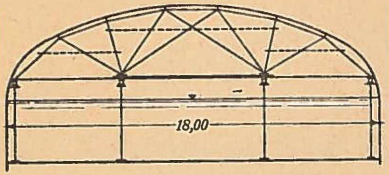
635 brėž.



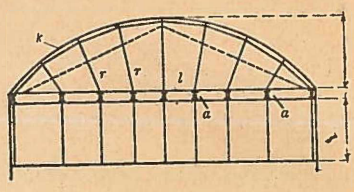
636 brėž.

XXII atskirame lape, 626 — 632 brėž. parodyti šio tilto piūviai ir detalės. Bendras tilto ilgis 237 m. Per pačią upę pastatyta 71 m angos arka su pakabinama važiuojamąja dalimi. Potvynio vandeniui praleisti tarnauja 6 mažesnės 20, 21,50, 23,00, 24,50, 27,50 ir 27,50 m angų arkos. Tilto važiuojamosios dalies plotis 5,60 m, šaligatviai po 1,35 m. Didžiosios gretimos angos buvo padarytos, kiek galima, gulstesnės, kad gavus kuo didesnę skėtimo

jėgą. Mažesnių angų konstrukcija — trijų šarnyrų skliautai, didžiųjų angų — dviejų šarnyrų arka be stygos su pakabinama važiuojamąja dalimi ir su skėtimu į atramas. Trijų šarnyrų arkos ištisos su šoninėmis sienelėmis, jų konstrukcija paprasta. Didžiosios angos važiuojamoji dalis perkirpta dvejose vietose. Važiuo-

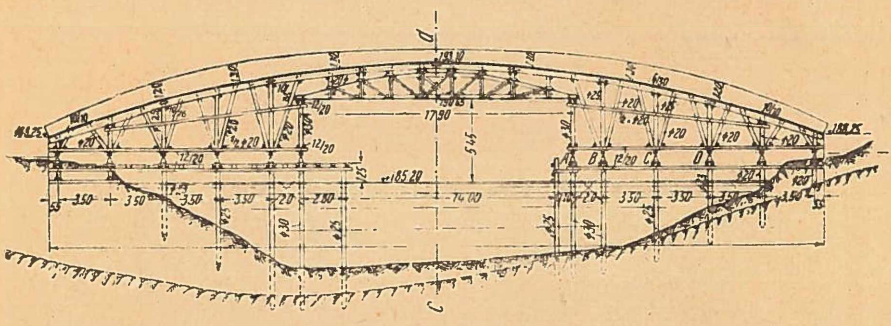


637 brėž.



638 brėž.

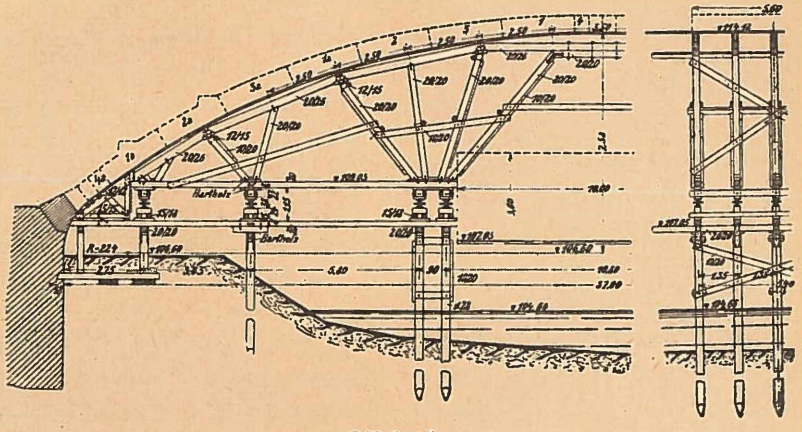
jamoji dalis susideda iš plokštės ir išilginių balkių. Skersiniai balkiai per 4,80 m viėnas nuo kito ir pakabomis pritvirtinti prie arkų. Arkų armatūra parodyta 627 brėž. Arkos pagamintos iš aukštos kokybės cemento su leidžiamais įtempimais $\sigma_b = 70$ kg/cm². Didžiausia horizontalė jėga = 840 t, vertikalė reakcija V = 630 t, spaudimo jėga pade K = 1050 t. Vėjo spaudimui išlaikyti įtaisyti



639 brėž.

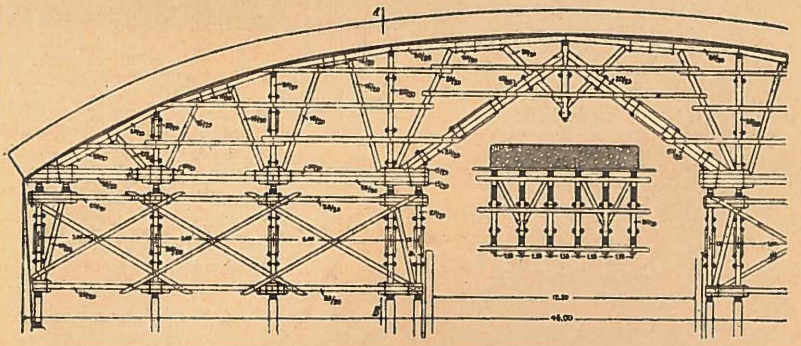
rigeliai; papildomieji tempiamieji įtempimai arkose nuo vėjo buvo apskaičiuoti 13,7 kg/cm². Pamatas turi 12 m pločio ir pastatytas taip, kaip ir visos kitos atramos, ant polių. 629 brėž. parodytos gelžbetoninės paduškos pošarnyrinės dalies detalės. Pirmoje eilėje guli 20 strypų 20 mm, antroje eilėje 13 strypų 18 mm, trečioje — 16 strypų 16 mm.

Mažesnių angų atramos pastatytos ant gelžbetoninių polių, didelės angos ant medinių polių. Polių kalimo planas parodytas 626 brėž., 631 ir 632 brėž. — didžiosios angos betonavimui pastoliai. 633 ir 634 brėž. parodytas tilto vaizdas.



640 brėž.

635, 636, 637 ir 638 brėž. parodyta keli arkinių tiltų pastolių pavyzdžiai nuo 10 iki 18 m angos.



641 brėž.

639 brėž. parodytas trijų šarnyrų arkai pastoliai su laisva viduryje laivams praleista anga, kurią perdengia geležinė parabolinė ferma.

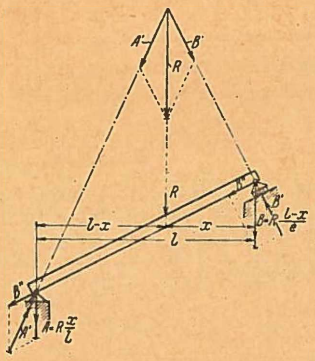
640, 641 brėž. parodyti pastoliai arkiniams tiltams 37,00 ir 46 m angos.

87. Atraminės dalys

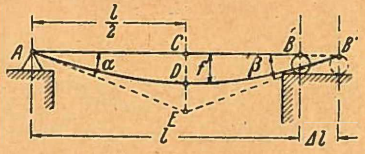
Tiltų krūviams į ramtus ir taurūs perduoti, visais tokiais atsitikimais, kada perdengimas neturi tvirto sujungimo su paramomis, įtaisomos atraminės dalys. Jų svarbiausias uždavinys yra — perduoti spaudimą į paramas nustatytuose taškuose, leisti balkinių tiltų galams suktis tiltui įlinkstant, leisti tilto galams laisvai judėti nuo temperatūros keitimosi. Tam tikslui daroma viename tilto gale judomoji atraminė dalis, kuri duoda tilto judėjimui mažiausį pasipriešinimą, o kitame gale — nejudomoji atraminė dalis, kuri turi priimti visas horizontales jėgas.

Atramines dalis reikia taip statyti, kad visada galima būtų lengvai prie jų prieiti ir jas apžiūrėti. Tam tikslui atraminės dalys, dažniausiai, iškeliamos ant poferminių paduškų.

Jei tiltas yra nuokalnus, tąsyk nejudomąją atraminę dalį reikia statyti ant žemesnės atramos. Reikia stengtis, kad balkiniams tiltams atraminių arba mažiausiai judamųjų dalių poferminė plokštumos linija būtų horizontali, tik tada galima tikrai laukti, kad nuo vertikalio krūvio tilto galuose veiks vertikalinės atraminės jėgos. Kada judomosios dalies poferminės plokšmės linija nuolinki, tai



643 brėž.



644 brėž.

gaunamas jėgų paskirstymas pagal 643 brėž.; judomoji dalis gauna įžulniai pakreiptą atraminę jėgą B′, kurios lygiagrečiai balkio ašiai veikiančią sudedamąją priima nejudomoji dalis.

Pagal 644 brėž. apslogintas balkis turi laisvai sukinėtis tiek tangencialėje atraminėje dalyje A kampu α, tiek ir šliaužiančioje ar paritų atraminėje dalyje B kampu β. Be to, prie taško B

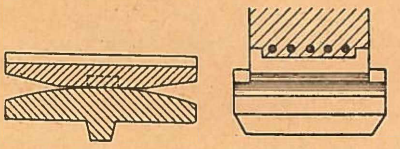
dar prisideda horizontalus pasislinkimas $BB' = \Delta l$ nuo temperatūros veikimo. Laikydami, kad lenkimo linija yra parabolė, $f = CD = DE$;

$tg\,\alpha = CE : AC = 2f : \frac{l}{z} = \frac{4f}{e}$. Pavyzdžiui, $f : l = 1 : 8000$, tąsyk

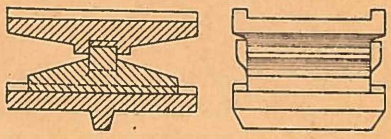
$tg\,\alpha = \frac{4}{8000} = \frac{1}{2000}$.

8 m angai, kai temperatūros skirtumas $t_1 = 15^0$, Δl bus $= \alpha_t . t . l = 0{,}00001 . 15 . 8000 = 1{,}2$ mm; toks plyšys jau matomas, tad nuo 8—10 m angoms būtinai reikia įstatyti judomąsias, nors ir paprastos konstrukcijos, atraminės dalis.

Mažesnių tiltų atraminės dalys buvo anksčiau nagrinėjamos. 645, 646, 647, 648 brėž. parodytos priimtos formos judamosios

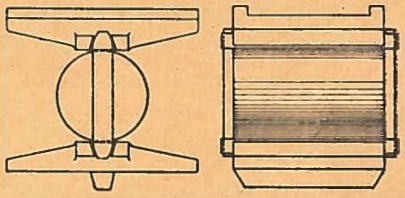


645 brėž.

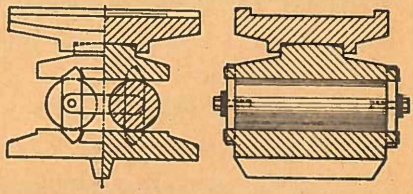


646 brėž.

atraminės dalys. 645 brėž. parodyta tangencialė atraminė dalis iš dviejų plokščių, apatinė plokštė turi cilindro paviršių; viršutinė — ties viduriu plokščia. Kad išvengus šoninių judėjimų, apatinė



647 brėž.



648 brėž.

plokštė turi du iškišulius. 646 brėž. parodyta susidedanti iš trijų gabalų šliaužiojanti atraminė dalis.

647, 648 brėž. parodytos atraminės dalys su vienu ar dviem paritais. Atraminė dalis su dviem paritais turi dar specialį balansyrą, kuris leidžia balkio galui įlinkti.

Nejudomosios atraminės dalys gelžbetoniniams tiltams daromos dažniausiai paprastos, būtent: dedama švino plokštė ar įstatomi kryžmeni geležies strypai (497 brėž.).

Po kiekvienu balkiu reikia įtaisyti atskirą atraminę dalį, kad reakcija tiesiausiu keliu galėtų pereiti į atramas. Atraminių dalių medžiaga: ketas, lietasis ar kaltinis plienas. Visos liečiamosios plokštumos turi būti švariai apdirbtos. Nepatariama tepti šliaužiojančias viena ant kitos dalis, bet geriau jas nudažyti aliejaus dažais.

Tik paritų ar apkirptų paritų judomosios atraminės dalys užtikrina horizontalų judėjimą; kitaip gi trintis būtų per didelė.

Veikiančioji į judomąją atraminę dalį išilginė trinties jėga pasireiškianti tarp atraminės dalies ir poferminės plokšmės.

$$T = \mu A,$$

kur A = judomosios dalies atraminė jėga,
μ = trinties koeficientas.

Dydis μ yra nevienodas; jis pareina nuo medžiagos rūšies:

akmuo ant akmens — $\mu = 1{,}00$,
betonas ant geležies — $\mu = 0{,}50$,
geležis ant geležies — $\mu = 0{,}20$,
gerai sukonstruotoje paritų atraminėje dalyje . . . . — $\mu = 0{,}03$.

649 brėž. matoma parito, apkirpto parito ir gniužiamosios pėdžios ypatybės ir skirtumai. Ši trijų tipų spaudimo ašis pareina vertikaliai per lietimosi plokštės ir išlenktos atraminės dalies taškus A ir B. Visi šie tipai duoda galimumo suktis kampu α ir horizontaliai judėti per Δ l. Paritui ar apkirptam paritui pasisukus, lietimosi taškai bus A'B' (nes balkio galas įlinksta).

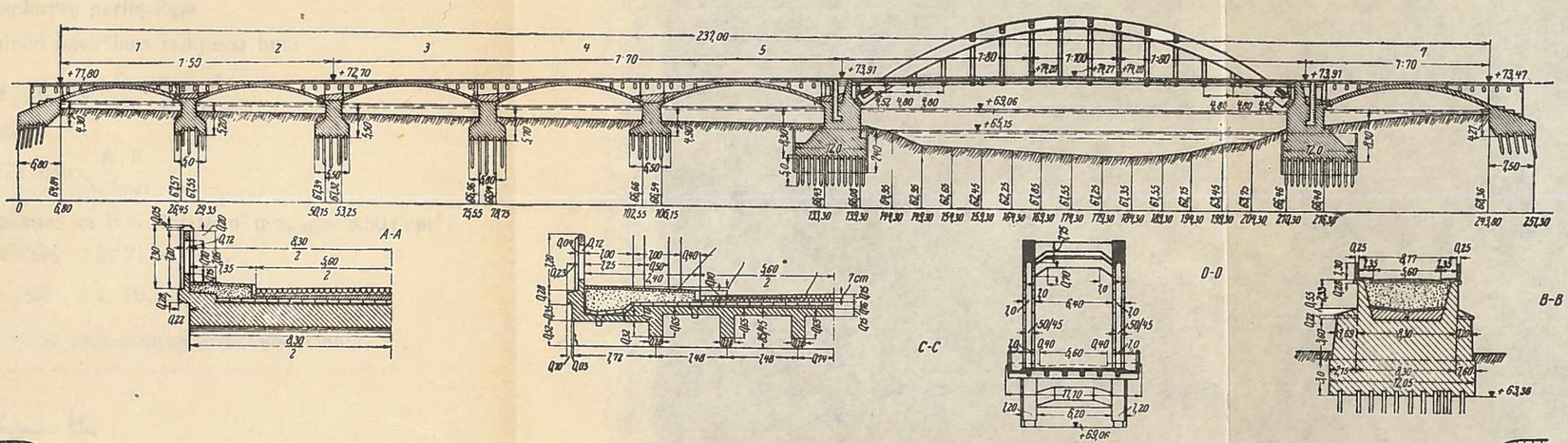
Apkirpto parito yra ta pirmenybė, kad gaunama medžiagos ekonomijos, (mažesnis atraminės paduškos platumas, tik b_s vietoje 2r, esant ištisam paritui) bet iš kitos pusės paritai pastovesni; apkirpti paritai, esant dideliems pasislinkimams, gali, kartais, apsiversti.

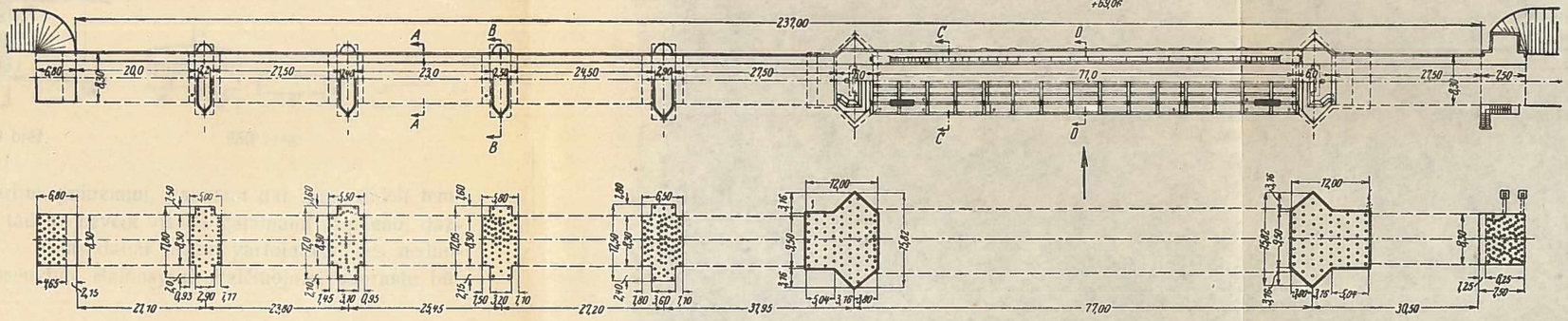
Paritų ar rutulinių paviršių lietimosi linijose ar taškuose su gniužiamąja plokšte įtempimai apskaičiuojami pagal Hertz-Weyrauch formules:

rutuliniams paviršiams susiliečiant su plokštuma $\sigma = 0{,}4 \sqrt[3]{\frac{A.E^2}{r^2}}$,

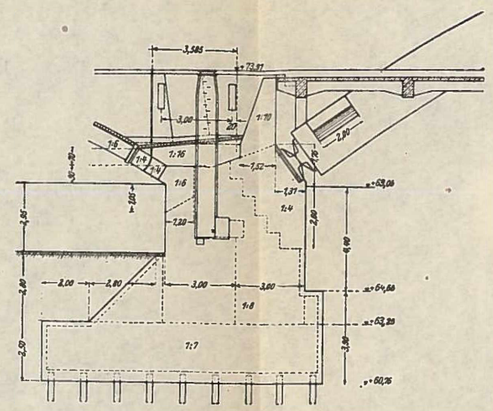
cilindriniams paviršiams susiliečiant su plokštuma $\sigma = 0{,}6 \sqrt{\frac{AE}{2.r.b}}$.

TILTAS PER SAALE UPĘ NETOLI HALLE

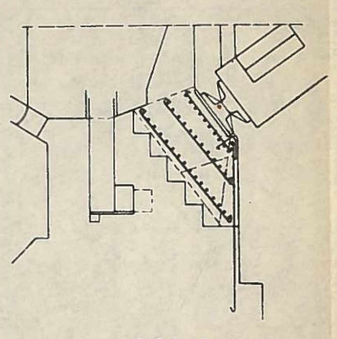




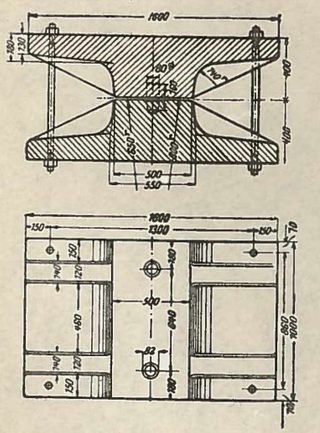
626 brėž.



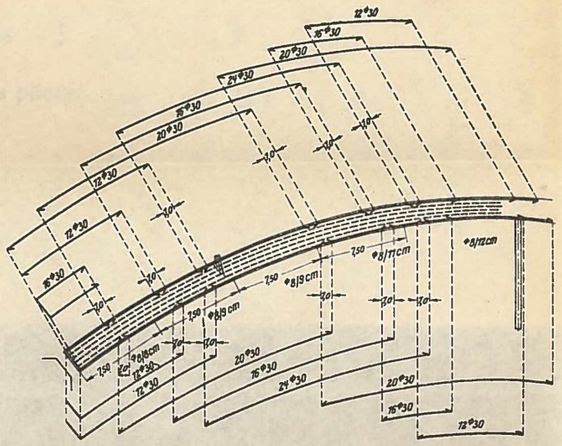
628 brėž.



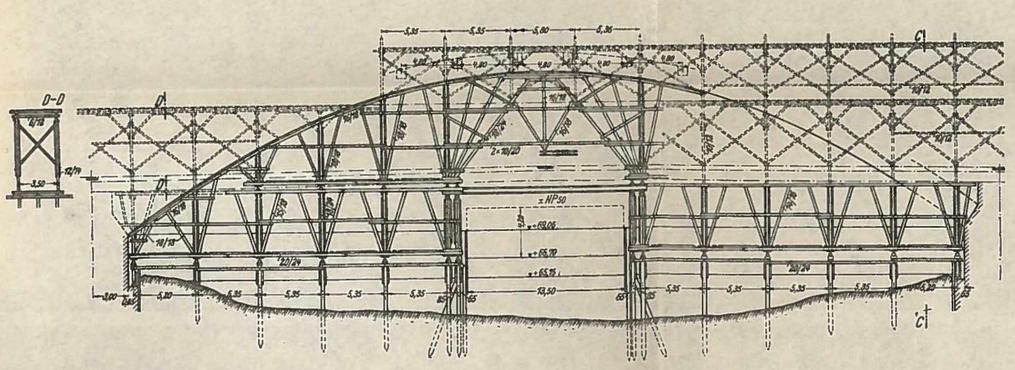
629 brėž.



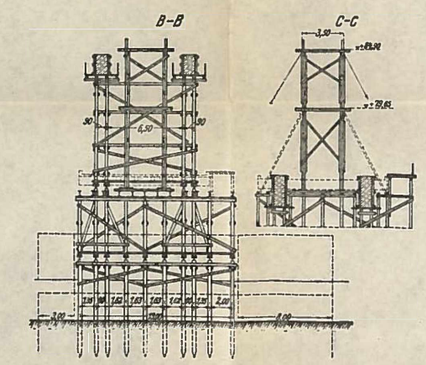
630 brėž.



627 brėž.



631 brėž.



632 brėž.

kur: A — atraminė reakcija tonomis,
E — elastiškumo modulis, pav., E = 2150 t/cm²,
b — paritų ar apkirptų paritų ilgis.

Reikalingas rutulinio paviršiaus radijusas bus:

$$r \geqq 0{,}248 \frac{E}{\sigma_{leidž.}} \sqrt{\frac{A}{\sigma_{leidž.}}} .$$

o parito diametras bus:

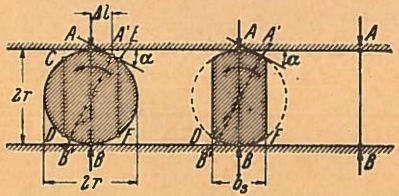
$$d \geqq 0{,}36 \frac{A.E}{b.\sigma_{leidž.}} ,$$

Pavyzdžiui: lietasis plienas su $E = 2150\,t/cm^2$ ir $\sigma_{leidž.} = 8{,}50\,t/cm^2$.

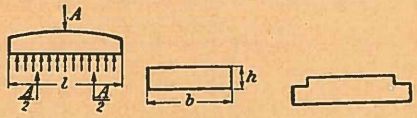
rutuliui $r \geqq 21{,}52\sqrt{A}$,

paritui $d \geqq 10{,}72 \frac{A}{b}$.

Paritus skaičiuojant, reikia imti domėn dūžio koeficientą.



649 brėž.



650 brėž.

Apsloginant paritus gniužimui, gaunami dar gana dideli tempiamieji įtempimai, tad jie beveik visada gaminami iš plieno, dažnai ir balansyrai. Ketas dabar mažai vartojamas, nes neduoda ekonomiškų pirmenybių. Balansyrai skaičiuojami paprastu būdu (650 brėž.):

didžiausias momentas viduryje: $M_m = \frac{A}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{A.l}{8}$,

plokštės piūvis: b.h,

atsparumo momentas. $W = \frac{b.h^2}{6}$; $W_{reik.} = \frac{M}{\sigma_{leidž.}}$, $\frac{b.h^2}{6} = \frac{M}{\sigma_{leidž.}}$,

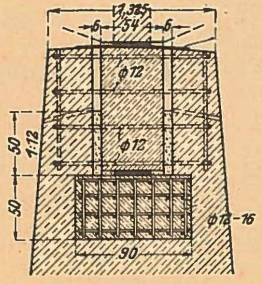
h balansyro aukštis. $= \sqrt{\frac{6M}{b.\sigma_{leidž.}}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{3.A.l}{b.\sigma_{leidž.}}}$.

pavyzdžiui: lietasis plienas $\sigma_{leidž.} = 1{,}8\,t/cm^2$; $h = 0{,}645\sqrt{\frac{A.l}{a}}$,

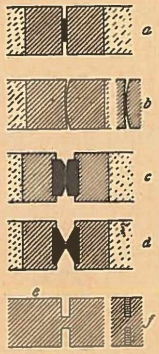
ketas . . . . $\sigma_{leidž.} = 0{,}44\,t/cm^2$; $h = 1{,}29\sqrt{\frac{A.l}{b}}$.

Dideliems tiltams, ir kai atraminės jėgos virš 500 tonų, plieninės atraminės dalys išeina per brangios, joms užsakyti reikia daug laiko, tada apsimoka vartoti svyruojančias pėdžias, kurios pagaminamos vietoje; jų aukštis siekia 2 m.

Pėdžios turi atitikti du reikalavimus: apskaičiuotas pagal Herz'ą spaudimas lietimosi plokštumoje neturi būti didesnis už leidžiamąjį; geležies armatūra turi priimti horizontalius tempiamuosius įtempimus. 651 brėž. parodytas tokios svyruojančios pėdžios pavyzdys.



651 brėž.



652 a—f brėž.

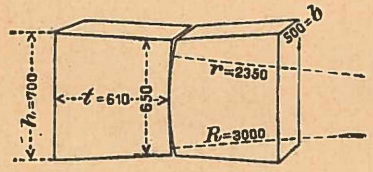
Gerberio šarnyrams, kai didelės angos ir didelės jėgos, irgi reikia pastatyti paritų ar apkirptų paritų judomasias atramines dalis. Dažniausiai vartojamos šliaužiančiosios atraminės dalys duoda pasipriešinimą, iššaukia balkių galuose, kurie neša šarnyrus, įplyšimų,

Arkiniams tiltams vartojami:

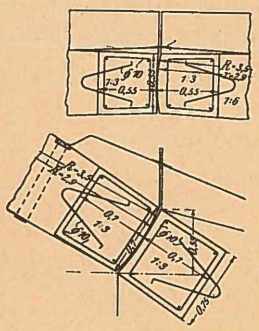
a) švino plokštės šarnyrai (652 a brėž.);
b) riedamieji šarnyrai iš akmens, betono ar gelžbetonio (652 b brėž.);
c) riedamieji šarnyrai iš plieno (652 c brėž.);
d) kulniniai šarnyrai iš plieno (652 d brėž.);
e) spyruokliniai gelžbetonio šarnyrai (652 e brėž.);
f) laikinieji šarnyrai (652 f brėž.).

Švino plokštės šarnyrus patariama dėti ne didesnėms kaip 20 — 25 m arkų angoms. Švino šarnyrai netobulūs, nes normalės jėgos atstojamosios pridėties taškas gali kilnotis per visą švino

juostos plotį. Švinas dedamas tarp granito arba gelžbetonio šarnyrinių akmenų, arba tiesiog tarp šviežio betono (1:5). Švinas, dedamas juostomis nuo 10 ligi 30 mm storumo (dažniausiai 20 mm) ir platumo $= \frac{1}{5} - \frac{1}{8}$ rievės ilgio. Šarnyrams tinka minkštas švinas, prie kurio pridedamas antimonas, jo susiplojimo σ_s įtempimui ligi 400—500 kg/cm² paaukštinti. Tąsyk švinui leidžiamas įtempimas $\sigma = 120$ kg/cm². Apskritai, švino šarnyrus galima laikyti pigiausiais šarnyrais. Tokių šarnyrų pavyzdžiai matomi atskiruose brėžinių lapuose, pav., Kirsnos, Kumelionių tiltai.



652 brėž.



653 brėž.

Riedamieji šarnyrai: du sudarą šarnyrą kūnai rieda vienas ant kito tokiu būdu, kad visais galimais apkrovimo atsitikimais jie liečiasi vienoje tiesiojoje. Riedamieji šarnyrai gali būti iš natūralių ar dirbtinių (gelžbetoninių) akmenų, kurie turi nevienodų radijusų įgaubtą ir išgaubtą cilinderinį paviršių (652 brėž.). Vykstant pasislinkimams, šarnyruos lietimosi linija kilnojasi taip, kad teoriškas šarnyrinis taškas nevienodas; praktiškai tatai neturi reikšmės. Dabartiniu laiku riedamieji šarnyrai daromi beveik išimtinai iš gelžbetonio; naudinga statmenai spaudimo krypčiai dėti geležinę armatūrą. 653 brėž. parodytas tokio šarnyro spynoje ir pade pavyzdys.

Empirinės formulės: $h \approx t$; $b \leqq t$; $r = 1/10 - 1/20$, kur l — tilto anga. Santykis $r:R \approx 0{,}70 - 0{,}85$ (652 brėž.).

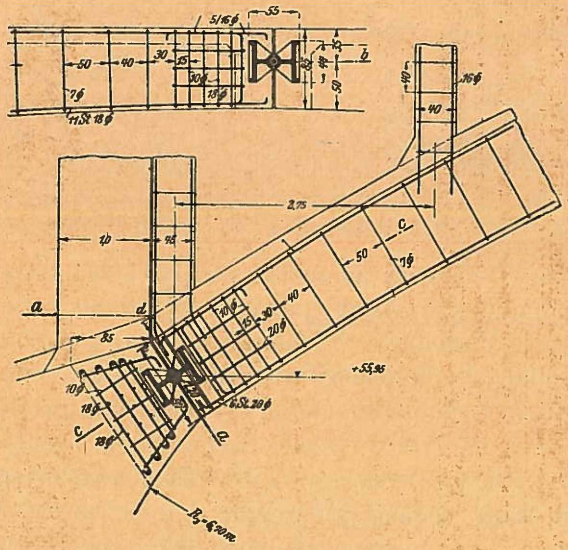
Riedamųjų šarnyrų lietimosi plokštumoje gniužimo įtempimai patikrinami Hertz'o formule,

$$\sigma = {}^3/_4 \sqrt{\frac{pE}{\pi}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)} \text{ kg/cm}^2, \quad \text{kur}$$

p — spaudimas šarnyre, tenkąs 1 ts. m arkos storio, r_1 ir r_2 cilinderinių paviršių radijusai cm, E — betono tamprumo modulis kg/cm², m — Puassono skaičius = 3.

Čia leidžiamas σ 4 ar 5 sykius didesnis už paprastą tokiai medžiagai leidžiamą gniužimo atsparumą.

Natūralaus akmens riedamasis šarnyras daromas iš granito arba panašios akmenų rūšies. Lietimos plokštumos turi būti švariai apdirbtos. Gelžbetoniniems riedamiesiems šarnyrams turi buri parinktas geros kokybės žvyras arba skalda; betono sudėtis — 1 : 1½ : 1½ arba 1 : 2½ : 2½.



654 brėž.

Arkinių tiltų šarnyruose sėkmingiau veikia plieniniai šarnyrai, ypač kulniniai šarnyrai. Didesnėms angoms ir dideliems krūviams tevartojami plieniniai šarnyrai. Jie duoda, ypač kulniniai šarnyrai galimumo tiksliai nustatyti spaudimo kryptį, juos lengviau padėti į vietą, be to, jie užima mažiau vietos.

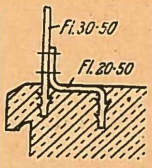
654 brėž. parodytas kulninio šarnyro spynoje ir pade su pado armatūra pavyzdys.

Spyruokliniai šarnyrai daugiausiai vartojami Francūzijoje. Šarnyrų veikimas pareina nuo specialiai padėtų strypų lankstumo. Šie strypai kartais dar apsupami spiralėmis.

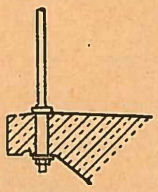
Laikini šarnyrai (652 f) teįstatomi darbų metu; nuėmus klojinius, jie panaikinami ir užbetonuojami.

88. Turėkliai

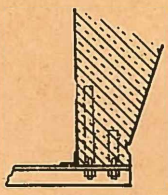
Turėkliai duoda važiuojamosios dalies arba šaligatvių šoninį apibrėžimą; reikia pažymėti, kad jie turi didelės reikšmės estetiš-



655 brėž.

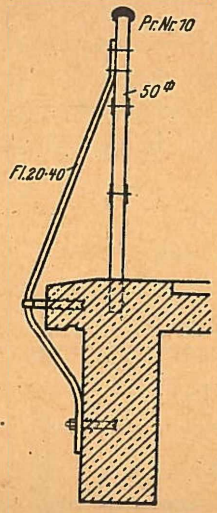


656 brėž.

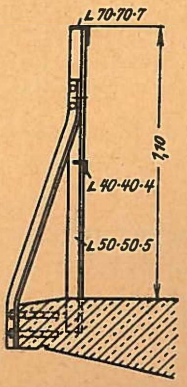


657 brėž.

kam tilto vaizdui. Turėklių aukštis nuo važiuojamosios dalies arba šaligatvių paviršiaus turi būti ne mažesnis kaip 1 m, geriau 1,10



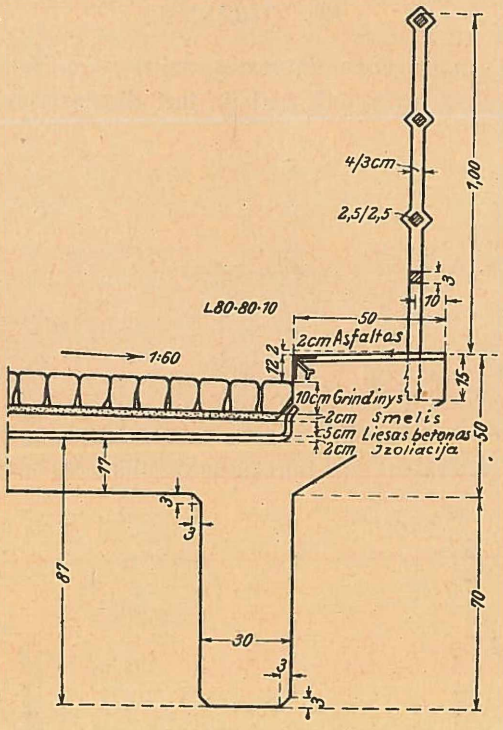
658 brėž.



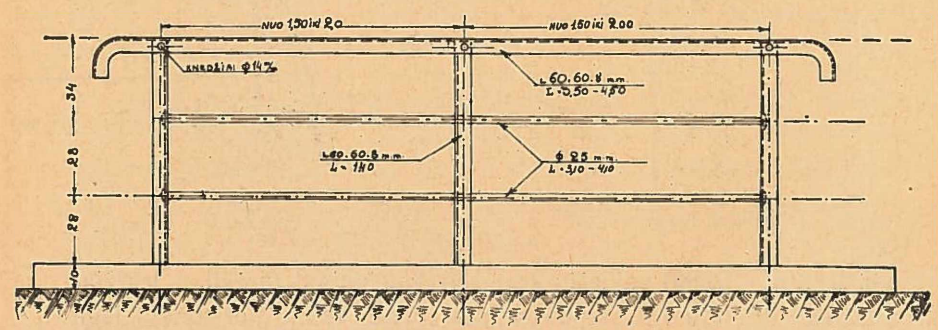
659 brėž.

iki 1,20 m. Pagal vokiečių normas, skaičiuojant turėklius, leidžiama, kad jų viršuje iš vienos ar kitos pusės veiktų horizontali jėga

H = 80 kg/m. Turėkliai gali būti ištisi (akmeniniai, betoniniai arba gelžbetoniniai) arba su protarpiais. Jei turėkliai daromi ištisi, tai daugiausiai, dabar, vartojami gelžbetoniniai nuo 12 ligi 20 cm storio. Kad išvengus plyšių, geriau juos daryti su rievėmis kas 2 — 3 m (žiūr. atskirus lapus — Užpalių tiltas, Dillinger tiltas).

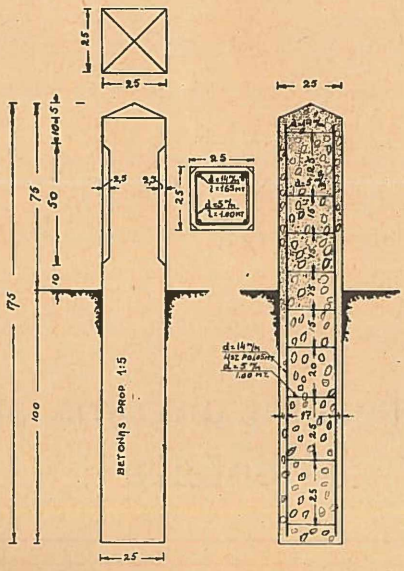


660 brėž.



661 brėž.

Su protarpiais turėkliai dažniausiai susideda iš profiliuotos geležies. Statramsčių tarp savęs atstumas neturi būti didesnis kaip 1,5 m. Miestuose ir miesteliuose, kad išvengus nelaimingų atsitikimų (vaikams apsaugoti), reikia daboti, kad nebūtų perdi-



662 brėž.

deli protarpiai. 655, 656, 657, 658, 659 brėž. parodyti įvairūs turėklių statramsčių į betoną įtvirtinimo būdai. Statramsčiai įstatomi tiesiog į betoną (655, 656 brėž.) arba pritvirtinami prie šoninių įbetonuotų varžtų (657 brėž.). 658, 659 brėž. parodyti geležinių turėklių pavyzdžiai, kurie turi didesnį standumą.

Tilto krašto su geležiniais turėkliais konstrukcijos detalės parodytos 660 brėž. Bordiuro briauna apsaugota 80.80.10 kertuočiu. 661 brėž. parodyti Plentų ir Vandens Kelių Valdybos priimto tipo turėkliai, o 662 brėž. — tipinis tilto privažiavimams sargšulis; sargšulio piūvis — 25 × 25 cm, armatūra 4 str. 14 mm.

Pagalbinės tiltų angoms skaičiuoti lentelės

I lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Bazeno formulę $C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

$\gamma = 0{,}06$

Gidrauliškas radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,010	0,02	0,05	0,10
0,10	0,73	1,03	1,26	1,46	1,79	2,31	3,27	5,17	7,31
0,12	0,80	1,14	1,40	1,62	1,98	2,55	3,61	5,72	8,08
0,15	0,92	1,30	1,60	1,85	2,26	2,92	4,13	6,52	9,23
0,20	1,08	1,53	1,88	2,17	2,65	3,43	4,85	7,67	10,85
0,30	1,36	1,92	2,35	2,71	3,32	4,30	6,08	9,61	
0,40	1,59	2,25	2,75	3,18	3,89	5,02	7,10	11,24	
0,60	1,98	2,79	3,42	3,96	4,84	6,26	8,84		
0,80	2,31	3,26	3,99	4,61	5,65	7,29	10,31		
1,00	2,59	3,67	4,50	5,19	6,36	8,21			
1,20	2,85	4,04	4,95	5,72	7,00	9,03			
1,40	3,10	4,38	5,36	6,19	7,59	9,80			
1,60	3,32	4,70	5,76	6,64	8,14	10,51			
1,80	3,53	5,00	6,12	7,07	8,65				
2,00	3,73	5,27	6,47	7,46	9,14				
2,20	3,92	5,54	6,79	7,84	9,61				
2,40	4,10	5,80	7,10	8,21	10,05				
2,60	4,28	6,05	7,41	8,56					
2,80	4,44	6,28	7,69	8,89					
3,00	4,61	6,52	7,98	9,22					
3,20	4,76	6,73	8,25	9,52					
3,40	4,91	6,95	8,51	9,82					
3,60	5,06	7,16	8,76	10,12					
3,80	5,20	7,36	9,01						
4,00	5,34	7,55	9,25						
4,20	5,48	7,74	9,48						
4,40	5,61	7,93	9,72						
4,60	5,73	8,12	9,94						
4,80	5,87	8,30	10,16						
5,00	5,99	8,47	10,38						

Pastaba prie I — VI lentelių; tarpiniams R ir i dydžiams v reikia imti interpoliacijos kelių.

II lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal

Bazeno formulę $C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

$\gamma = 0{,}16$

Gidrauliškas radijusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,58	0,81	1,00	1,16	1,42	1,83	2,58	4,08	5,78
0,12	0,65	0,92	1,13	1,30	1,59	2,06	2,92	4,61	6,52
0,15	0,75	1,06	1,31	1,51	1,85	2,38	3,37	5,33	7,54
0,20	0,90	1,28	1,57	1,81	2,22	2,86	4,05	6,41	9,06
0,30	1,17	1,65	2,02	2,33	2,85	3,69	5,22	8,25	11,66
0,40	1,39	1,96	2,40	2,78	3,40	4,39	6,21	9,82	
0,60	1,77	2,49	3,06	3,53	4,33	5,59	7,89	12,49	
0,80	2,09	2,95	3,62	4,18	5,11	6,60	9,34		
1,00	2,37	3,35	4,11	4,74	5,81	7,50	10,60		
1,20	2,63	3,72	4,55	5,26	6,44	8,31			
1,40	2,87	4,05	4,97	5,73	7,03	9,07			
1,60	3,09	4,37	5,35	6,18	7,57	9,77			
1,80	3,30	4,66	5,71	6,60	8,08	10,43			
2,00	3,49	4,94	6,06	6,99	8,56				
2,20	3,68	5,21	6,38	7,37	9,02				
2,40	3,86	5,46	6,69	7,73	9,46				
2,60	4,04	5,71	6,99	8,07	9,89				
2,80	4,20	5,94	7,27	8,40	10,29				
3,00	4,36	6,17	7,56	8,73					
3,20	4,52	6,39	7,83	9,03					
3,40	4,67	6,60	8,09	9,33					
3,60	4,81	6,81	8,34	9,63					
3,80	4,95	7,01	8,59	9,91					
4,00	5,09	7,20	8,82	10,19					
4,20	5,23	7,39	9,05						
4,40	5,36	7,58	9,28						
4,60	5,49	7,76	9,51						
4,80	5,62	7,95	9,73						
5,00	5,74	8,12	9,95						

III lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal

Bazeno formulę $C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

$\gamma = 0{,}46$

Gidrauliškas radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0.001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,35	0,50	0,61	0,71	0,87	1,12	1,58	2,51	3,54
0,12	0,41	0,58	0,71	0,82	1,00	1,29	1,83	2,90	4,09
0,15	0,49	0,69	0,84	0,97	1,19	1,54	2,18	3,44	4,87
0,20	0,60	0,86	1,05	1,21	1,48	1,92	2,71	4,29	6,06
0,30	0,82	1,16	1,42	1,64	2,01	2,59	3,66	5,79	8,19
0,40	1,01	1,42	1,74	2,01	2,47	3,18	4,50	7,12	10,07
0,60	1,34	1,89	2,31	2,67	3,27	4,23	5,98	9,45	
0,80	1,63	2,30	2,82	3,25	3,98	5,14	7,27	11,49	
1,00	1,88	2,66	3,26	3,77	4,62	5,96	8,43		
1,20	2,12	3,00	3,68	4,25	5,20	6,71	9,49		
1,40	2,34	3,31	4,06	4,69	5,74	7,41	10,48		
1,60	2,55	3,61	4,42	5,10	6,25	8,07			
1,80	2,75	3,89	4,76	5,50	6,73	8,69			
2,00	2,93	4,15	5,09	5,87	7,19	9,28			
2,20	3,11	4,40	5,39	6,23	7,63	9,84			
2,40	3,29	4,65	5,69	6,57	8,05	10,39			
2,60	3,45	4,88	5,98	6,90	8,45				
2,80	3,61	5,10	6,25	7,22	8,84				
3,00	3,77	5,33	6,52	7,53	9,22				
3,20	3,92	5,54	6,78	7,83	9,59				
3,40	4,06	5,74	7,03	8,12	9,94				
3,60	4,20	5,95	7,28	8,40	10,29				
3,80	4,34	6,14	7,52	8,68					
4,00	4,47	6,32	7,74	8,95					
4,20	4,60	6,51	7,97	9,21					
4,40	4,73	6,69	8,20	9,47					
4,60	4,86	6,87	8,42	9,72					
4,80	4,98	7,05	8,63	9,97					
5,00	5,10	7,22	8,84	10,20					

IV lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal

Bazeno formulę $C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

$\gamma = 0{,}85$

Gidrauliškas radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,24	0,33	0,41	0,47	0,58	0,75	1,05	1,67	2,36
0,12	0,27	0,39	0,48	0,55	0,68	0,87	1,23	1,95	2,76
0,15	0,33	0,47	0,58	0,67	0,82	1,05	1,49	2,36	3,34
0,20	0,42	0,60	0,73	0,85	1,02	1,34	1,90	3,00	4,24
0,30	0,59	0,84	1,02	1,18	1,45	1,87	2,64	4,18	5,90
0,40	0,74	1,05	1,28	1,48	1,82	2,35	3,32	5,25	7,42
0,60	1,02	1,44	1,76	2,03	2,49	3,21	4,54	7,18	10,16
0,80	1,26	1,78	2,19	2,52	3,09	3,99	5,64	8,92	
1,00	1,49	2,10	2,58	2,97	3,64	4,70	6,65	10,52	
1,20	1,70	2,40	2,94	3,40	4,16	5,36	7,59		
1,40	1,89	2,68	3,28	3,79	4,64	5,99	8,47		
1,60	2,08	2,94	3,61	4,16	5,10	6,58	9,31		
1,80	2,26	3,20	3,91	4,52	5,53	7,15	10,10		
2,00	2,43	3,43	4,21	4,86	5,95	7,68			
2,20	2,59	3,67	4,49	5,19	6,35	8,19			
2,40	2,75	3,89	4,76	5,51	6,74	8,70			
2,60	2,91	4,11	5,03	5,81	7,12	9,18			
2,80	3,05	4,32	5,28	6,10	7,48	9,65			
3,00	3,20	4,52	5,54	6,40	7,83	10,11			
3,20	3,34	4,72	5,78	6,67	8,17				
3,40	3,47	4,91	6,01	6,94	8,50				
3,60	3,60	5,10	6,24	7,21	8,83				
3,80	3,73	5,28	6,47	7,47	9,15				
4,00	3,86	5,46	6,68	7,72	9,46				
4,20	3,98	5,63	6,90	7,97	9,76				
4,40	4,10	5,81	7,11	8,22	10,06				
4,60	4,22	5,98	7,32	8,46					
4,80	4,34	6,14	7,52	8,69					
5,00	4,46	6,30	7,72	8,91					

V lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal

Bazeno formulę $C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

$\gamma = 1{,}30$

Gidraulinis radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,17	0,24	0,29	0,34	0,42	0,54	0,76	1,20	1,70
0,12	0,20	0,28	0,35	0,40	0,49	0,63	0,90	1,42	2,00
0,15	0,24	0,34	0,42	0,49	0,60	0,77	1,09	1,73	2,45
0,20	0,31	0,45	0,55	0,63	0,77	1,00	1,41	2,23	3,15
0,30	0,45	0,63	0,77	0,89	1,09	1,41	2,00	3,16	4,47
0,40	0,57	0,81	0,99	1,14	1,40	1,80	2,54	4,03	5,69
0,60	0,80	1,12	1,38	1,59	1,95	2,52	3,56	5,63	7,96
0,80	1,00	1,42	1,74	2,01	2,46	3,17	4,49	7,10	10,03
1,00	1,20	1,69	2,07	2,39	2,93	3,78	5,35	8,46	
1,20	1,38	1,95	2,39	2,76	3,38	4,36	6,16	9,75	
1,40	1,55	2,19	2,69	3,10	3,80	4,90	6,93	10,97	
1,60	1,72	2,43	2,97	3,43	4,21	5,43	7,68		
1,80	1,88	2,65	3,25	3,75	4,59	5,93	8,38		
2,00	2,03	2,86	3,51	4,05	4,96	6,41	9,07		
2,20	2,17	3,07	3,76	4,35	5,33	6,88	9,73		
2,40	2,32	3,28	4,01	4,64	5,68	7,33	10,36		
2,60	2,46	3,47	4,25	4,91	6,02	7,77			
2,80	2,59	3,66	4,48	5,18	6,35	8,19			
3,00	2,72	3,85	4,72	5,45	6,67	8,61			
3,20	2,85	4,03	4,94	5,70	6,98	9,01			
3,40	2,98	4,21	5,15	5,95	7,29	9,41			
3,60	3,10	4,38	5,36	6,20	7,59	9,79			
3,80	3,21	4,55	5,57	6,44	7,88	10,17			
4,00	3,33	4,71	5,77	6,67	8,17				
4,20	3,45	4,88	5,97	6,90	8,45				
4,40	3,56	5,04	6,17	7,13	8,73				
4,60	3,67	5,19	6,36	7,35	9,00				
4,80	3,78	5,35	6,55	7,57	9,27				
5,00	3,89	5,50	6,74	7,78	9,53				

VI lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal

Bazeno formulę $C = \dfrac{87}{1+\dfrac{\gamma}{\sqrt{R}}}$

$\gamma = 1{,}75$

Gidrauliškas radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,13	0,19	0,23	0,27	0,33	0,45	0,60	0,94	1,33
0,12	0,16	0,22	0,27	0,31	0,39	0,50	0,70	1,11	1,57
0,15	0,19	0,27	0,33	0,39	0,47	0,61	0,86	1,36	1,93
0,20	0,25	0,35	0,43	0,50	0,61	0,79	1,12	1,77	2,50
0,30	0,36	0,51	0,62	0,72	0,88	1,14	1,61	2,54	3,59
0,40	0,46	0,65	0,80	0,92	1,13	1,46	2,07	3,27	4,62
0,60	0,65	0,92	1,13	1,31	1,60	2,07	2,92	4,62	6,54
0,80	0,83	1,18	1,44	1,67	2,04	2,63	3,72	5,89	8,32
1,00	1,00	1,41	1,73	2,00	2,45	3,16	4,47	7,07	10,00
1,20	1,16	1,64	2,01	2,32	2,84	3,67	5,19	8,20	
1,40	1,31	1,86	2,27	2,62	3,22	4,15	5,87	9,28	
1,60	1,46	2,07	2,53	2,92	3,58	4,62	6,53	10,32	
1,80	1,60	2,26	2,77	3,20	3,92	5,07	7,16		
2,00	1,74	2,46	3,01	3,48	4,26	5,50	7,78		
2,20	1,87	2,65	3,24	3,74	4,59	5,92	8,37		
2,40	2,00	2,83	3,46	4,00	4,90	6,33	8,95		
2,60	2,13	3,01	3,68	4,26	5,21	6,73	9,51		
2,80	2,25	3,18	3,90	4,50	5,51	7,12	10,06		
3,00	2,37	3,35	4,11	4,74	5,81	7,49			
3,20	2,49	3,52	4,31	4,97	6,10	7,87			
3,40	2,60	3,68	4,51	5,21	6,37	8,23			
3,60	2,72	3,84	4,70	5,43	6,65	8,59			
3,80	2,82	4,00	4,90	5,65	6,92	8,93			
4,00	2,93	4,15	5,08	5,87	7,19	9,28			
4,20	3,04	4,30	5,26	6,08	7,45	9,62			
4,40	3,14	4,45	5,45	6,29	7,71	9,95			
4,60	3,25	4,59	5,63	6,50	7,96	10,28			
4,80	3,35	4,74	5,80	6,70	8,21				
5,00	3,45	4,88	5,98	6,90	8,45				

VII lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę $C = \dfrac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0\,00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}01$

Gidrauliškas radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,70	1,00	1,22	1,42	1,74	2,25	3,18	5,03	7,12
0,12	0,79	1,14	1,40	1,61	1,98	2,55	3,62	5,73	8,09
0,15	0,93	1,33	1,63	1,88	2,31	2,98	4,23	6,68	9,45
0,20	1,13	1,62	1,98	2,29	2,81	4,63	5,13	8,12	11,48
0,30	1,49	2,12	2,59	2,99	3,67	4,74	6,71	10,61	
0,40	1,79	2,54	3,12	3,60	4,42	5,70	8,06		
0,60	2,32	3,28	4,02	4,64	5,69	7,35	10,38		
0,80	2,76	3,91	4,79	5,54	6,78	8,75			
1,00	3,16	4,47	5,48	6,32	7,75	10,00			
1,20	3,52	4,98	6,10	7,05	8,63				
1,40	3,86	5,45	6,68	7,71	9,45				
1,60	4,17	5,90	7,22	8,33	10,20				
1,80	4,46	6,31	7,72	8,92					
2,00	4,74	6,70	8,21	9,47					
2,20	5,01	7,07	8,66	10,00					
2,40	5,27	7,44	9,09						
2,60	5,51	7,78	9,52						
2,80	5,75	8,11	9,92						
3,00	5,98	8,44	10,32						
3,20	6,20	8,74							
3,40	6,40	9,04							
3,60	6,61	9,34							
3,80	6,81	9,62							
4,00	7,01	9,89							
4,20	7,21	10,16							
4,40	7,39								
4,60	7,58								
4,80	7,76								
5,00	7,94								

Pastaba prie VII — XV lentelių; tarpiniams R ir i dydžiams v reikia imti interpoliacijos keliu.

VIII lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}013$.

Gidrauliškas radijusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,50	0,72	0,88	1,02	1,25	1,62	2,29	3,63	5,14
0,12	0,58	0,82	1,01	1,17	1,43	1,85	2,63	4,15	5,87
0,15	0,68	0,97	1,19	1,38	1,69	2,18	3,09	4,88	6,91
0,20	0,83	1,19	1,46	1,69	2,07	2,67	3,78	5,99	8,47
0,30	1,11	1,58	1,93	2,23	2,74	3,54	5,01	7,92	11,20
0,40	1,35	1,91	2,34	2,71	3,32	4,29	6,06	9,59	
0,60	1,76	2,49	3,05	3,53	4,32	5,59	7.89	12,49	
0,80	2,12	2,99	3,67	4,24	5,19	6,70	9,47		
1,00	2,43	3,44	4,22	4,86	5,96	7,69	10,88		
1,20	2,72	3,85	4,71	5,44	6,67	8,60			
1,40	2,99	4,22	5,17	5,97	7,32	9,44			
1,60	3,24	4,58	5,60	6,47	7,92	10,23			
1,80	3,48	4,91	6,01	6,94	8,49				
2,00	3,70	5,22	6,40	7,38	9,04				
2,20	3,92	5,52	6,76	7,81	9,56				
2,40	4,12	5,82	7,11	8,22	10,06				
2,60	4,32	6,09	7,45	8,61					
2,80	4,51	6,36	7,78	8,98					
3,00	4,69	6,62	8,10	9,35					
3,20	4,87	6,87	8,41	9,70					
3,40	5,04	7,11	8,70	10,04					
3,60	5,21	7,35	8,99						
3,80	5,37	7,58	9,27						
4,00	5,53	7,80	9,54						
4,20	5,69	8,02	9,81						
4,40	5,84	8,23	10,07						
4,60	5,99	8,44							
4,80	6,14	8,64							
5,00	6,28	8,85							

IX lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę $C = \dfrac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}017$.

Gidrauliškas radiusas R	Upės vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,36	0,51	0,63	0,73	0,89	1,15	1,63	2,59	3,66
0,12	0,41	0,59	0,73	0,84	1,03	1.33	1,88	2,98	4,21
0,15	0,49	0,70	0,86	0,99	1,21	1,57	2,23	3,52	4,99
0,20	0,61	0,87	1,07	1,23	1,51	1,95	2,76	4,36	6,17
0,30	0,82	1,16	1,43	1,65	2,02	2 61	3,70	5,85	8,27
0,40	1,00	1,43	1,74	2,02	2,47	3,19	4,52	7.15	10,11
0,60	1,33	1,88	2,30	2,66	3,26	4,21	5,95	9,42	
0,80	1,61	2,28	2,79	3,22	3,94	5,09	7,20	11,39	
1,00	1,86	2 63	3,22	3,72	4,56	5,88	8,32		
1,20	2,09	2,96	3 62	4,18	5,12	6.60	9,34		
1,40	2,30	3,26	3,99	4,60	5,64	7,28	10,29		
1,60	2,51	3,54	4,34	5 00	6,13	7,91			
1,80	2,70	3,81	4,66	5,38	6,59	8,51			
2,00	2,88	4,06	4,97	5,74	7,02	9,07			
2,20	3,05	4,30	5,27	6,08	7,45	9,61			
2,40	3,22	4,54	5,55	6,41	7.85	10,13			
2,60	3,38	4,76	5,83	6,73	8,23				
2,80	3,53	4,98	6,09	7,03	8,60				
3,00	3,68	5,19	6,35	7,33	8,97				
3,20	3,83	5.39	6,60	7,61	9,32				
3,40	3,96	5,59	6,83	7,89	9,65				
3.60	4,10	5,78	7,07	8,16	9,99				
3,80	4,23	5,97	7.30	8,42	10,30				
4,00	4,36	6,14	7,51	8,67					
4,20	4,49	6,32	7,73	8,92					
4,40	4,61	6,50	7,95	9,17					
4,60	4,73	6,66	8,15	9,41					
4,80	4,85	6,83	8,36	9,64					
5,00	4,97	7,00	8,56	9,87					

X lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}02$.

Gidraulinis radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,29	0,42	0,51	0,59	0,73	0,94	1,33	2,10	2,97
0,12	0,34	0,48	0,59	0,68	0,84	1,08	1,54	2,43	3,43
0,15	0,40	0,57	0,70	0,81	1,00	1,29	1,83	2,89	4.09
0,20	0,50	0,72	0,88	1,02	1,24	1,61	2,27	3,60	5,09
0,30	0,68	0,97	1,19	1,37	1,68	2,17	3,07	4,86	6,87
0,40	0,84	1,19	1,46	1,69	2,07	2,67	3,78	5,98	8,45
0,60	1,12	1,58	1,94	2,24	2,75	3,55	5,01	7,93	11,22
0,80	1,36	1,93	2,36	2,73	3,34	4,31	6,10	9,64	
1,00	1,58	2,24	2,74	3,16	3,88	5,00	7,07	11,18	
1,20	1,78	2,52	3,09	3,56	4,37	5,63	7,96		
1,40	1,97	2,78	3,41	3,93	4,82	6,22	8,79		
1,60	2,15	3,03	3,71	4,29	5,25	6,77	9,58		
1,80	2,31	3,27	4,00	4,62	5,65	7,30	10,31		
2,00	2,47	3,49	4 28	4,93	6,04	7,79			
2,20	2,63	3,70	4,53	5,23	6,41	8,27			
2,40	2,77	3,91	4,78	5,52	6,76	8,72			
2,60	2,91	4,11	5,03	5,80	7,10	9,16			
2,80	3,05	4,30	5,26	6,07	7,43	9,59			
3,00	3,18	4,49	5,49	6,33	7,75	10,00			
3,20	3,31	4,66	5,70	6,58	8,06				
3,40	3,43	4,84	5,92	6,83	8,35				
3,60	3,55	5,01	6,12	7,06	8,65				
3,80	3,67	5,17	6,32	7,30	8,93				
4,00	3,78	5,33	6,52	7,52	9,21				
4,20	3,90	5,49	6,71	7,74	9,47				
4,40	4,01	5,64	6,90	7,96	9,75				
4,60	4,11	5,79	7,08	8,17	10,00				
4,80	4,22	5,94	7,26	8,38					
5,00	4,32	6,09	7,44	8,58					

XI lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0,025$.

Gidraulinis radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,22	0,31	0,38	0,44	0,56	0,71	1,00	1,58	2,24
0,12	0,25	0,36	0,44	0 52	0,63	0,82	1,16	1,84	2,59
0,15	0,30	0,44	0,53	0 62	0,76	0,98	1,39	2,20	3,11
0,20	0,38	0,55	0,67	0,78	0,95	1,23	1,74	2,76	3,91
0,30	0,53	0,75	0,92	1,06	1,30	1,68	2,38	3,76	5,32
0,40	0,66	0,94	1,14	1,32	1,62	2,08	2,95	4,66	8,86
0,60	0,88	1,25	1,53	1,77	2,17	2,80	3,96	6,26	10,85
0,80	1,08	1,53	1,88	2,17	2,66	3,43	4,85	7,67	
1,00	1,26	1,79	2,19	2,53	3,10	4,00	5,66	8,94	
1,20	1,43	2,03	2,48	2,86	3,51	4,52	6,40	10,12	
1,40	1,59	2,24	2,75	3,17	3,89	5 02	7,09		
1,60	1,74	2,46	3,01	3,47	4,25	5,49	7,75		
1,80	1,88	2,65	3,25	3,75	4 59	5,92	8,37		
2,00	2,01	2,84	3,48	4,01	4,91	6,34	8,96		
2,20	2,14	3,02	3,68	4,27	5,22	6,74	9,53		
2,40	2,26	3,19	3,90	4,51	5,52	7,12	10,07		
2,60	2,38	3,36	4,11	4,75	5,81	7,49			
2,80	2,50	3,52	4,30	4,97	6,08	7,85			
3,00	2,61	3,68	4,50	5,19	6,36	8,20			
3,20	2,72	3,83	4,68	5,40	6,62	8,54			
3,40	2,82	3,98	4,86	5,61	6,87	8,86			
3,60	2,93	4,12	5,04	5,81	7,12	9 18			
3,80	3,03	4.26	5,21	6,01	7,36	9,49			
4,00	3,12	4,39	5,38	6,20	7,59	9,80			
4,20	3,22	4,53	5,54	6 39	7,82	10,09			
4,40	3,31	4,66	5,70	6,58	8,05				
4,60	3,40	4,79	5,86	6,76	8,27				
4,80	3,49	4,92	6,01	6,94	8,48				
5,00	3,58	5,04	6,16	7,10	8,69				

XII lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kutterò formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}03$.

Gidraulinis radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,01
0,10	0,17	0,25	0,30	0,35	0,43	0,56	0,79	1,25	1,77
0,12	0,20	0 29	0,36	0,41	0,50	0,65	0,92	1,46	2,06
0,15	0,24	0,35	0,43	0,49	0,61	0,78	1,11	1,75	2,48
0,20	0,31	0,44	0,54	0,62	0,76	0,99	1,40	2,22	3,13
0,30	0,43	0,61	0,74	0,86	1,06	1,36	1,93	3,05	4,32
0,40	0,53	0,77	0,93	1,08	1,32	1,70	2,41	3,81	5,39
0,60	0,73	1,03	1,26	1,46	1,79	2,31	3,26	5,16	7,30
0,80	0,90	1,27	1,56	1,80	2,20	2,84	4,02	6,36	8,99
1,00	1,05	1,49	1,83	2,11	2,58	3,33	4,71	7,45	10,54
1,20	1,20	1,69	2,07	2,40	2,93	3,79	5,35	8,47	
1,40	1,33	1,88	2,31	2,66	3,26	4,21	5,95	9,42	
1,60	1,46	2,07	2,53	2,92	3,57	4,61	6,52	10,31	
1,80	1,58	2,24	2,74	3,16	3,87	4,99	7,06		
2,00	1,70	2,40	2,94	3,39	4,15	5,36	7,57		
2,20	1,81	2,56	3,12	3,61	4,42	5,71	8,07		
2,40	1,92	2,71	3,31	3,83	4.68	6,04	8,54		
2,60	2,03	2,85	3,49	4,03	4,93	6,36	9,00		
2,80	2,13	2,99	3,66	4,23	5,18	6,67	9,44		
2,00	2,22	3,13	3,83	4,42	5,41	6,98	9,87		
3,20	3,32	3,27	4,00	4,61	5,64	7,28	10,29		
3,40	2,41	3,40	4,15	4,79	5,86	7,57			
3,60	2,50	3,52	4,31	4,97	6,08	7.84			
3 80	2,59	3,64	4,46	5,14	6,29	8,12			
4,00	2,67	3,76	4,60	5,31	6,50	8,39			
4,20	2,76	3,88	4,74	5,48	6,70	8,64			
4,40	2,84	4,00	4,89	5,64	6,90	8,90			
4,60	2,92	4,11	5,03	5,80	7.09	9,15			
4,80	3,00	4,22	5,16	5 95	7,28	9,40			
5,00	3,08	4,33	5,29	6,10	7,47	9,64			

XIII lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}035$.

Gidrauliškas radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,14	0,20	0,25	0,29	0,36	0,46	0,65	1,03	1,45
0,12	0,17	0,24	0,29	0,34	0,41	0 54	0,78	1,20	1,70
0,15	0,20	0,29	0,35	0,41	0,50	0,65	0,92	1,45	2,05
0,20	0,26	0,37	0,45	0,52	0,64	0,82	1,16	1,84	2,60
0,30	0,36	0,51	0,62	0,72	0,88	1,14	1,63	2,56	3,62
0,40	0 45	0,65	0,87	0,91	1,11	1,43	2,03	3,21	4,54
0,60	0,62	0,87	1,07	1,24	1,52	1,96	2,77	4,38	6,20
0,80	0,77	1,08	1,33	1,54	1,88	2,43	3,43	5,43	7,68
1,00	0,90	1,28	1,57	1,81	2,21	2,86	4,04	6,39	9,03
1,20	1,03	1,46	1,78	2,06	2,52	3,26	4 61	7,28	10,30
1,40	1,15	1.62	1,99	2,30	2,82	3,63	5,15	8,12	
1,60	1,27	1,79	2,19	2,52	3,09	3,99	5,64	8,91	
1,80	1,37	1,94	2,37	2,74	3,35	4,33	6,12	9,67	
2,00	1,48	2,08	2,55	2,94	3,60	4,65	6,57	10,39	
2,20	1,58	2,22	2,71	3,14	3,84	4,96	7,02		
2,40	1,67	2,36	2,88	3,33	4,08	5,26	7,44		
2,60	1,77	2,49	3,04	3,51	4,30	5,55	7.85		
2,80	1.86	2 61	3,20	3,69	4,52	5,83	8,24		
3,00	1,94	2,74	3.35	3,87	4,73	6,10	8,63		
3 20	2,03	2,86	3,50	4,03	4,94	6,37	9,00		
3,40	2,11	2.98	3,64	4,20	5,14	6,63	9,37		
3 60	2,19	3,09	3,77	4,36	5,33	6,87	9,72		
3,80	2,28	3,20	3,91	4,51	5,52	7,12	10,07		
4,00	2,35	3.30	4,04	4,66	5,71	7.36			
4,20	2,42	3.41	4,17	4,81	5.89	7,60			
4,40	2.50	3.52	4,30	4,96	6,07	7,83			
4,60	2,57	3.62	4.42	5,10	6,24	8 05			
4,80	2,64	3,72	4,54	5,24	6.41	8,27			
5,00	2,71	3,82	4,66	5,38	6,58	8,49			

XIV lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę $C = \dfrac{23 + \dfrac{1}{n} + \dfrac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \dfrac{0{,}00155}{i}\right)\dfrac{n}{\sqrt{R}}}$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}04$.

Gidrauliškas radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	0,12	0,17	0,21	0,24	0,30	0,39	0,55	0,87	1,23
0,12	0,14	0,20	0,25	0,29	0,35	0,45	0,64	1,02	1,44
0,15	0,17	0,24	0,30	0,35	0,43	0,55	0,78	1,23	1,74
0,20	0,22	0,31	0,38	0,44	0,54	0,70	0,99	1,57	2,22
0,30	0,31	0,44	0,54	0,62	0,76	0,98	1,39	2,19	3,10
0,40	0,39	0,56	0,67	0,78	0,96	1,23	1,75	2,76	3,91
0,60	0,54	0,76	0,93	1,07	1,32	1,70	2,40	3,80	5,38
0,80	0,67	0,94	1,16	1,34	1,64	2,12	2,99	4,73	6,69
1,00	0,79	1,12	1,37	1,58	1,94	2,50	3,53	5,59	7,90
1,20	0,90	1,29	1,57	1,81	2,22	2,86	4,04	6,39	9,04
1,40	1,01	1,43	1,75	2,02	2,48	3,20	4 52	7,14	10,10
1,60	1,12	1,58	1,93	2,23	2,73	3,52	4,97	7,86	
1,80	1,21	1,71	2,10	2,42	2,96	3 82	5,40	8,54	
2,00	1,31	1,84	2,26	2,60	3,19	4,11	5,82	9,20	
2,20	1,40	1,97	2,40	2,78	3.41	4,40	6,22	9,83	
2,40	1,49	2,09	2,56	2,96	3,62	4,67	6,60	10,43	
2,60	1,57	2,21	2,71	3,12	3.82	4,93	6,97		
2,80	1,65	2.33	2,84	3,28	4,02	5,19	7,33		
3,00	1,73	2,44	2,98	3,44	4,21	5.44	7,68		
3,20	1,81	2.55	3,12	3,59	4,40	5,68	8,02		
3,40	1,88	2,65	3.24	3,74	4,58	5,91	8,36		
3,60	1,96	2,76	3,37	3,89	4,76	6,14	8 68		
3,80	2,04	2,86	3,49	4,03	4 93	6,36	9,00		
4.00	2,10	2,96	3,61	4,17	5,10	6,58	9,30		
4,20	2,17	3,05	3,73	4,31	5,27	6,79	9,61		
4,40	2,24	3,15	3,85	4,44	5,43	7,01	9,90		
4,60	2,30	3,24	3,96	4,57	5.59	7,21	10,19		
4,80	2,37	3,33	4,07	4,70	5,75	7,42			
5,00	2,43	3,42	4,18	4,82	5,90	7,61			

XV lentelė.

Dydžiai C rasti pagal Gangiulje - Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}01$.

Gidrauliškas radijusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	70,12	70,66	70,84	70,93	71,02	71,10	71,17	71,19	71,20
0,12	72,88	73,40	73,57	73,66	73,74	73,81	73,87	73,90	73,91
0,15	76,23	76,69	76,85	76,93	77,01	77,07	77,13	77,15	77,16
0,20	80,41	80,81	80,95	81,02	81,09	81,15	81,19	81,21	81,22
0,30	86,00	86,31	86,41	86,47	86,52	86,56	86,59	86,61	86,62
0,40	89,73	89,96	90,04	90,08	90,12	90,15	90,18	90,19	90,19
0,60	94,58	94,71	94,75	94,77	94,79	94,81	94,83	94,84	94,84
0,80	97,72	97,78	97,80	97,81	97,82	97,83	97,84	97,84	97,84
1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1,20	101,75	101,70	101,69	101,68	101,67	101,66	101,66	101,65	101,65
1,40	103,16	103,07	103,04	103,03	103,02	103,00	102,99	102,99	102,98
1,60	104,30	104,18	104,15	104,12	104,10	104,09	104,08	104,07	104,07
1,80	105,29	105,15	105,10	105,08	105,05	105,04	105,02	105,01	105,01
2,00	106,13	105,96	105,90	105,88	105,86	105,83	105,81	105,81	105,80
2,20	106,80	106,68	106,62	106,59	106,55	106,53	106,51	106,50	106,50
2,40	107,53	107,32	107,25	107,22	107,18	107,16	107,14	107,12	107,12
2,60	108,10	107,87	107,80	107,76	107,72	107,69	107,67	107,66	107,65
2,80	108,61	108,37	108,29	108,24	108,21	108,17	108,15	108,14	108,14
3,00	109,09	108,84	108,76	108,72	108 67	108,64	108,61	108,60	108,59
3,20	109,52	109,25	109,16	109,12	109,08	109,04	109,01	109,00	108,99
3,40	109,92	109,64	109,55	109,50	109,46	109,42	109,39	109,38	109,38
3,60	110,28	109,99	109,90	109,85	109,80	109,76	109,73	109,71	109,71
3,80	110,62	110,32	110,22	110,17	110,12	110,08	110,05	110,04	110,02
4,00	110,93	110,62	110,52	110,47	110,42	110,37	110,34	110,32	110,32
4,20	111,22	110,91	110,80	110,75	110,69	110,65	110,62	110,60	110,60
4,40	111,49	111,17	111,06	111,00	110,95	110,91	110,87	110,85	110,84
4,60	111,76	111,43	111,32	111,26	111,20	111,16	111,13	111,11	111,10
4,80	112,02	111,67	111,56	111,50	111,43	111,39	111,36	111,34	111,34
5,00	112,24	111,88	111,77	111,71	111,65	111,60	111,56	111,55	111,54

Pastaba prie XV—XXII lentelių: tarpiniams R dydžiams C reikia imti interpoliacijos keliu.

XVI lentelė.

Dydžiai C rasti pagal Gangiulje-Kuttero formulę $C = \dfrac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}013$.

Gidraulinis radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	50,50	50,92	51,07	51,14	51,22	51,27	51,32	51,34	51,35
0,12	52,81	53,22	53,35	53,42	53,49	53,55	53,59	53,61	53,62
0,15	55,64	56,01	56,14	56,19	56,26	56,31	56,35	56,38	56,39
0,20	59,21	59,54	59,66	59,71	59,77	59,82	59,85	59,87	59,88
0,30	64,12	64,38	64,46	64,51	64,55	64,58	64,62	64,63	64,64
0,40	67,45	67,65	67,71	67,75	67,78	67,81	67,83	67.84	67,85
0,60	71.87	71,98	72,02	72,04	72,06	72,08	72,09	72,09	72,09
0,80	74.79	74,84	74 86	74,87	74,88	74,89	74,89	74,89	74,89
1,00	76,92	76,92	76,92	76,92	26,92	76,92	76,92	76,92	76,92
1,20	78,58	78,54	78,52	78,51	78,51	78,50	78,50	78,49	78,49
1,40	79,93	79,87	79,83	79,81	79.80	79,79	79,78	79,78	79,78
1,60	81,02	80,92	80,88	80,87	80,85	80,84	80,83	80,82	80,82
1,80	81,97	81 84	81,80	81,78	81,75	81,74	31,73	81,72	81,72
2,00	82.79	82,64	82,59	82.57	82,54	82,52	82,50	82,49	82,49
2,20	83,51	83.34	83,28	83,25	83,23	83,20	83,18	83,17	83,17
2,40	84,14	83,95	83,89	83,86	83,83	83,80	83,78	83,77	83,76
2,60	84.69	84,49	84,42	84,39	84,35	84,32	84,30	84,29	84,29
2,80	85,21	85,00	84,92	84,89	84,85	84,82	84,80	84.78	84,78
3,00	85,67	85,44	85,36	85,33	85,28	85,25	85,23	85,21	85,21
3,20	86,10	85,86	85,77	85 73	85,69	85.66	85,63	85,62	85,61
3,40	86,50	86,24	86.16	86,11	86,07	86,04	86,01	85,99	85,98
3,60	86,86	86,59	86,50	86,46	86,42	86,38	88,35	86,33	86,32
3,80	87,20	86,91	86,82	86,77	86,73	86,69	86,66	86,65	86,64
4,00	87,51	87,22	87,12	87,07	87,02	86 99	86,96	86,94	86,93
4,20	87,81	87,51	87,41	87,36	87,30	87,27	87,24	87,22	87,21
4,40	88,08	87,76	87,66	87,61	87,56	87,51	87,48	87,46	87,46
4,60	88,33	88,01	87,91	87,86	87,81	87,76	87,73	87,71	87,70
4,80	88,58	88,25	88,14	88,09	88.04	88,00	87,97	87,94	87,93
5,00	88,81	88,48	88,37	88,31	88,26	88,21	88,18	88,16	88,15.

XVII lentelė.

Dydžiai C rasti pagal Gangiulje-Kuttero

formulę $C = \dfrac{23 + \dfrac{1}{n} + \dfrac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \dfrac{0{,}00155}{i}\right)\dfrac{n}{\sqrt{R}}}$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}017$.

Gidraulinis radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	35,94	36,26	36,36	36,42	36,47	36,52	36,55	36,57	36,58
0,12	37,81	38,12	38,22	38,28	38,33	38,38	38,41	38,43	38,43
0,15	40,13	40,42	40,52	40,57	40,62	40,66	40,69	40,71	40,71
0,20	43,13	43,39	43,48	43,52	43,57	43,60	43,63	43,65	43,65
0,30	47,32	47,52	47,60	47,63	47,67	47,70	47,72	47,73	47,74
0,40	50,23	50,39	50,45	50,48	50,48	50,53	50,55	50,56	50,56
0,60	54,18	54,27	54,31	54,33	54,34	54,35	54,37	54,37	54,37
0,80	56,84	56,89	56,90	56,91	56,92	56,92	56,93	56,93	56,93
1,00	58,82	58 82	58,82	58,82	58,82	58,82	58,82	58,82	58,82
1,20	60,37	60,34	60,32	60,32	60,31	60,31	60,30	60,30	60,30
1,40	61,63	61,57	61 54	61,53	61,52	61,51	61,51	61,50	61,50
1 60	62,69	62,60	62,56	62,55	62,53	62,52	62,51	62,51	62,51
1,80	63,60	63,48	63,44	63,42	63,40	63,38	63,37	63,37	63,36
2,00	64,38	64,24	64,19	64,17	64,15	64,13	64,12	64,11	64,11
2,20	65,07	64,91	64,86	64,84	64,81	64,79	64,77	64,76	64,76
2,40	65,69	65,51	65,45	65,42	65,40	65,37	65,35	65,34	65,34
2,60	66,23	66,05	65,98	65,95	65,92	65,89	65,88	65,87	65,86
2,80	66,73	66,53	66,46	66,43	66,39	66,36	66,34	66,33	66,33
3,00	67,19	66,98	66,91	66,87	66,83	66,80	66,78	66,77	66,76
3,20	67,61	67,38	67,31	67,26	67,23	67,20	67,18	67,16	67,16
3,40	67,99	67,75	67,67	67,63	67,59	67,56	67,53	67,52	67,51
3,69	68,34	68,09	68,01	67,97	67,93	67,89	67,87	67,85	67,85
3,80	68 67	68,42	68,33	68,29	68,24	68,20	68,18	68,17	68,16
4,00	68 98	68,71	68,62	68,58	68,53	68,50	68,47	68,45	68,45
4,20	69,26	68,99	68,89	68,85	68,80	68,76	68,74	68,72	68,71
4,40	69,54	69,26	69,17	69,12	69 07	69 03	69,00	68,98	68,98
4,60	69,79	69,50	69,40	69,35	69,30	69,26	69,23	69,22	69,21
4,80	70,03	69,73	69,63	69 58	69 53	69,49	69,46	69,45	69,44
5,00	70,26	69,93	69,86	69,81	69,75	69,71	69,68	69,66	69,66

XVIII lentelė.

Dydžiai C rasti pagal Gangiulje-Kuttero

formulę $$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}02$.

Gidrauliškas radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	29,20	29,46	29,56	29,60	29,65	29,68	29.71	29.73	29,73
0,12	30,84	31,09	31,18	31,22	31 27	31,30	31,35	31,35	31,35
0,15	32,87	33,12	33,20	33,24	33,28	33,32	33,36	33,36	33,36
0,20	35,54	35,76	35,83	35,87	35,91	35,94	35,96	35,98	35,98
0,30	39,31	39,49	39,55	39,58	35,61	39,64	39,66	39,67	39,67
0,40	41,97	42,11	42,16	42,19	42.21	42,23	42,25	42,26	42,26
0,60	45,63	45,71	45,74	45.76	45,77	45,78	45,79	45,80	45,80
0,80	48,13	48,17	48,18	48,19	48,20	48,20	48,20	48,21	48,21
1,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
1,20	51,47	51,44	51,43	51,43	51,43	51,42	51,41	51,41	51,41
1,40	52,69	52,63	52,61	52,60	52,59	52,58	52,57	52,57	52,57
1,60	53.71	53,62	53,59	53,58	53,56	53,55	53,54	53,54	53,53
1,80	54,58	54,47	54,43	54,41	54,39	54,38	54,37	54,36	54,36
2,00	55,34	55,21	55.17	55,15	55,13	55,11	55,10	55,09	55,09
2,20	56,01	55,87	55,82	55,79	55,77	55,75	55,74	55,73	55,73
2,40	56.61	56,45	56,40	56,37	56,34	56,32	56,30	56,29	56,29
2,60	57,15	56,98	56,92	56,89	56,86	56,84	56,82	56,81	56 80
2.80	57,64	57,45	57,39	57,36	57,33	57,30	57.28	57,27	57,27
3,00	58,08	57,88	57,81	57,78	57,75	57,72	57,70	57,69	57,68
3,20	58,49	58,28	58.21	58,17	58,14	58,11	58,09	58,08	58,07
3,40	58,87	58,64	58,57	58,54	58,50	58,47	58,44	58,43	58,43
3,60	59.22	58,99	58,91	58,87	58,84	58,80	58,78	58,77	58.76
3,80	59,55	59,31	59,23	59,18	59,15	59,11	59,09	59,07	59,07
4,00	59,86	59,60	59,52	59,48	59,43	59,40	59,37	59,36	59,36
4,20	60,14	59,88	59,79	59,75	59,70	59,67	59,64	59,63	59,62
4,40	60,41	60,15	60,06	60,01	59,97	59,93	59,60	59,89	59,88
4,60	60,65	60,38	60,29	60,24	60,20	60,16	60,13	60,11	60,11
4,80	60,90	60,62	60,52	60.48	60,43	60,39	60,36	60,34	60.34
5,00	61,13	60,85	60,75	60,70	60,65	60,61	60,58	60,56	60,55

XIX lentelė.

Dydžiai $v = C\sqrt{Ri}$, kai C rastas pagal Gangiulje-Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}025$.

Gidraulinis radijusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	21,95	22,15	22,21	22,25	22,28	22,31	22,33	22,35	22,35
0,12	23,29	23,48	23,55	23.58	23,62	23,64	23,66	23,68	23,68
0,15	24,97	25.16	25,22	25,26	25,29	25,32	25,34	25,35	25,35
0,20	27,21	27,38	27,44	27.47	25 50	27,53	27,54	27,56	27,56
0,30	30,44	30,59	30 64	30,66	30,68	30,71	30,72	30,73	30,73
0,40	32,76	32,88	32,92	32,94	32,96	32,97	32,99	32,99	33,00
0,60	36,02	36,09	36,11	36,12	36,14	36,15	36,15	36,16	36,16
0,80	38,28	38,31	38,33	38,33	38,34	38,34	38,34	38,35	38,35
1,00	40,00	40,00	40,00	40.00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
1,20	41,37	41,35	41,33	41,33	41,33	41,32	41,32	41,32	41,32
1,40	42,50	42,45	42,43	42,42	42.42	42,41	42,40	42,40	42,40
1,60	43,47	43,39	43,37	43,35	43,34	43,33	43,32	43,32	43,32
1.80	44,29	44,20	44,17	44,15	44,13	44,12	44,11	44.11	44.10
2,00	45.01	44,90	44 86	44,84	44,83	44,81	44,80	44.79	44,79
2.20	45,66	45,53	45,49	45,47	45,45	45,43	45,42	45,41	45,41
2,40	46,23	46,09	46,04	46,02	45,99	45,97	45,96	45,95	45,95
2,60	46,76	46,60	46,55	46,52	46,50	46,48	46,46	46,45	46,45
2,80	47,23	47,06	47,00	46,97	46,94	46,92	46,90	46,89	46,89
3,00	47,66	47,48	47,42	47,39	47,36	47,34	47,32	47,31	47,31
3,20	48,06	47,86	47,80	47,77	47,74	47,71	47,69	47,68	47,68
3,40	48,43	48,23	48,16	48 13	48,09	48,06	48,04	48,03	48,03
3,60	48,77	48,56	48,49	48,45	48,42	48,39	48,36	48,36	48,35
3,80	49,10	48,88	48,80	48,77	48,73	48,70	48,68	48,66	48,66
4,00	49,39	49,16	49,09	49,05	49,01	48,98	48,95	48,94	48,94
4,20	49,67	49,43	49.36	49,32	49,28	49,24	49,22	49,20	49,20
4,40	49,94	49,69	49,61	49,57	49,53	49,49	49,47	49,46	49,45
4.60	50,18	49,93	49,85	49.81	49,76	49,73	49,70	49,69	49,68
4,80	50,43	50.17	50,08	50,04	49,99	49,96	49,93	49,91	49,91
5,00	50,65	50,38	50,29	50,25	50,20	50,17	50,14	50,12	50,12

XX lentelė.

Dydžiai C, rasti pagal Gangiulje-Kuttero formulę

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}03$.

Gidrauliškas radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	17,39	17,54	17,59	17,62	17,65	17,67	17,69	13,70	17,70
0.12	18,52	18,67	18,72	18,75	18,78	18,80	18,81	18,82	18,82
0,15	19,95	20,10	20,14	20,17	20,20	20,22	20,24	20,25	20,25
0,20	21,87	22,01	22,06	22,08	22,11	22,12	22,14	22,15	22,15
0,30	24,69	24,81	24,85	24,87	24,89	24,90	24,92	24 92	24,93
0,40	26,74	26,84	26,87	26.89	26,91	26,92	26,93	26,94	26,94
0,60	29,67	29.73	29,75	29,76	29,77	29,78	29,79	29,79	29,79
0,80	31,74	31,77	31,78	31,79	31,79	31,80	31,80	31,80	31,80
1,00	33.33	33,33	33,33	33 33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,36
1,20	34,61	34,59	34.58	34,57	34,57	34,57	34,56	34,56	35,56
1,40	35,68	35,63	35,62	35,61	35,60	35,59	35,59	35,59	35,59
1,60	36,58	36,52	36,49	36,48	36,47	36,46	36,45	36,45	36,45
1,80	37,36	37,28	37,25	37,24	37,22	37,21	37,20	37,20	37,20
2,00	38,06	37,96	37,93	37,91	37,90	37,88	37,87	37,87	37,87
2,20	38,68	38,56	38,52	38,50	38,48	38,47	38,46	38,45	38,45
2,40	39,23	39,11	39,06	39,04	39,02	39,00	38,99	38,98	38,98
2,60	39,73	39.59	39,54	39,52	39,50	39,48	39,46	39,45	39,45
2.80	40.19	40,04	39,99	39.96	39,94	39,92	39,90	39,89	39,89
3,00	40,61	40.45	40.40	40,37	40,34	40,32	40,30	40,29	40,29
3,20	41,00	40,83	40,77	40,74	40,71	40,69	40,67	40,66	40,66
3,40	41,36	41,18	41,12	41,09	41.06	41,03	41,01	41,00	41,00
3,60	41,70	41,51	41,44	41,41	41,38	41,35	41,33	41,32	41 31
3,80	42,01	41,81	41,74	41,71	41,68	41,65	41,62	41,62	41,61
4,00	42,31	42,10	42,02	41,99	41,95	41,93	41,90	41,89	41,89
4,20	42,58	42,36	42.29	42,25	42,22	42,19	42,17	42,15	42,15
4,40	42,84	42.62	42.54	42,51	42,47	42,44	42,41	42,40	42,40
4,60	43,08	42,85	42,78	42,74	43,70	42,67	42,64	42,63	42,62
4 80	43,32	43,08	43,01	42,96	42,92	42,89	42.87	42,85	42,85
5,00	43,54	43,29	43,21	43,17	43,13	43,10	43,07	43,06	43,05

XXI lentelė.

Dydžiai C, rasti pagal Gangiulje-Kuttero

formulę $$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}035$.

Gidrauliškas radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	14,29	14,41	14,46	14,48	14,50	14,52	14,53	14,54	14,54
0,12	15,26	15,39	15,43	15,45	15,47	15,49	15,50	15,51	15,51
0,15	16,50	16,62	16,67	16,69	16,71	16,73	16,74	16,75	16,75
0,20	18,18	18,30	18,34	18,36	18,38	18,39	18,41	18,41	18,42
0,30	20,68	20,78	20,81	20,83	20,85	20,86	20,87	20,88	20,88
0,40	22,52	22,61	22,63	22,65	22,66	22,67	22,68	22,69	22,69
0,60	25,19	25,24	25,25	25,26	25,27	25,28	25,29	25,29	25,29
0,80	27,09	27,12	27,13	27,13	27,13	27,14	27,14	27,14	27,14
6,00	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
1,20	29,77	29,75	29,74	29,74	29,73	29,73	29,73	29,73	29,73
1,40	30,77	30,73	30,72	30,71	30,70	30,70	30,69	30,69	30,69
1,60	31,63	31,57	31,56	31,55	31,54	31,53	31,52	31,52	31,52
1,80	32,38	32,31	32,28	32,27	32,26	32,25	32,24	32,23	32,23
2,00	33,04	32,96	32,93	32,91	32,89	32,88	32,87	32,87	32,87
2,20	33,63	33,53	33,50	33,48	33,46	33,45	33,44	33,43	33,43
2,40	34,17	34,06	34,02	34,00	33,98	33,96	33,95	33,94	33,94
2,60	34,65	34,52	34,48	34,46	34,44	34,42	34,41	34,40	34,40
2,80	35,10	34,96	34,91	34,89	34,86	34,85	34,83	34,82	34,82
3,00	35,50	35,36	35,31	35,28	35,26	35,24	35,22	35 21	35,21
3,20	35 88	35,72	35,67	35,64	35 62	35,60	35,58	35,57	35,56
3,40	36,24	36,07	36,01	35,98	35,96	35,93	35,92	35,91	35,90
3,60	36,56	36,39	36,33	36,30	36,27	36,24	36,22	36,21	36,21
3,89	36,87	36,69	36,63	36,59	36,56	36,54	36,52	36,51	36,51
4,00	37,16	36,96	36,90	36,87	36.84	36,81	36,79	36,78	36,77
4,20	37,43	37,23	37,16	37,13	37,09	37,07	37,04	37,03	37,03
4,40	37,68	37,48	37,41	37,37	37,34	37,31	37,29	37,27	37,27
4,60	37,92	37,71	37,64	37,60	37,57	37,54	37,52	37,50	37,50
4,80	38,15	37,93	37,86	37,82	37,78	37,76	37,73	37,72	37,71
5,00	38,38	38,15	38,08	38,04	38,00	37,97	37,94	37,93	37,93

XXII lentelė.

Dydžiai C, rasti pagal Gangiulje-Kuttero

formulę $$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{i}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{i}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Šiurkštumo koeficientas $n = 0{,}04$.

Gidrauliškas radiusas R	Vagos nuolydis i								
	0,001	0,002	0,003	0,004	0,006	0,01	0,02	0,05	0,10
0,10	12,07	12,17	12,20	12,22	12,24	12,26	12,27	12,28	12,28
0,12	12,92	13,02	13,06	13,08	13,09	13,11	13,12	13,13	13,13
0,15	14,01	14,12	14,15	14,17	14,18	14,20	14,21	14,22	14,22
0,20	15,50	15,60	15,63	15,65	15 67	15,68	15,69	15,70	15,70
0,30	17,74	17,82	17,85	17,87	17,88	17,90	17,90	17,91	17,91
0,40	19,41	19,48	19,50	19,52	19,53	19,54	19,55	19,55	19,55
0,60	21,85	21,89	21,91	21,92	21,93	21,93	21,94	21,94	21,94
0,80	23,62	23,64	23,65	23,65	23,65	23,66	23,66	23,66	23,66
1,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25 00	25,00	25,00
1,20	26,13	26,11	26,10	26,10	26,10	26,09	26,09	26,09	26,09
1,40	27,08	27,04	27,03	27,02	27,01	27,01	27,01	27,00	27,00
1,60	27,90	27,84	27,83	27,82	27,81	27,80	27,79	27,79	27,79
1,80	28,61	28,55	28,52	28,51	28,50	28,49	28 48	28,48	28,48
2,00	29,25	29,16	29,14	29,12	29,11	29,10	29,09	29,09	29,08
2,20	29,81	29,72	29,69	29,67	29,66	29,64	29,63	29,63	29,63
2,40	30,33	30 22	30,19	30,17	30,15	30,14	30,13	30,12	30,12
2,60	30,79	30,68	30,64	30,62	30,60	30,58	30,57	30,57	30,56
2,80	31,23	31,10	31,06	31,04	31,02	31,00	30,99	30,98	30,98
3,00	31,62	31 49	31,44	31,42	31,40	31,38	31,37	31,36	31,35
3,20	31,99	31,85	31,80	31,77	31,75	31,73	31,71	31,70	31,70
3,40	32,33	32,18	32,13	32,10	32,07	32,06	32,04	32,03	32,03
3,60	32,65	32,49	32,44	32,41	32,38	32,36	32,34	32,33	32,33
3,80	32,95	32,78	32,72	32,70	32,67	32,65	32 63	32,62	32,61
4,00	33,23	33,06	33,00	32,97	32,94	32,91	32,90	32,88	32,88
4,20	33 50	33,31	33,25	33,22	33,19	33,16	33,15	33,13	33,13
4,40	33,75	33,56	33,49	33,46	33,43	33,40	33,38	33,37	33,37
4,60	33,99	33,79	33,73	33,69	33,66	33,63	33,61	33,60	33,60
4,80	34,21	34,01	33,94	33,91	33,87	33,85	33,82	33,81	33,81
5,00	34,43	34,22	34,15	34,11	34,08	34,05	34,03	34,02	34,01

XXIII lentelė.

C dydžiai gauti iš Bazeno formulės

$$C = \frac{87}{1+\frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

Gidraulinis radiusas R	Vagos šiurkštumo koeficientas γ					
	0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75
0,10	73,13	57,77	35,44	23,59	17,02	13,32
0,12	73,76	59,51	37,37	25,19	18,31	14,38
0,15	75,33	61,57	39,77	27,23	19,97	15,76
0,20	76,71	64,08	42,89	29,99	22,30	17,71
0,30	78,41	67,33	47,29	34,09	25,79	20,74
0,40	79,46	69,43	50,37	37,12	28.47	23,10
0,60	80,74	72,10	54,58	41,48	32,48	26,69
0,80	81,53	73,80	57,45	44,61	35,48	29,43
1,00	82,08	75,00	59,59	47,03	37,83	31,64
1,20	82,43	75,91	61,27	48,99	39,79	33,49
1,40	82,80	76,94	62,64	50,63	41,45	35,09
1,60	83,06	77,23	63,80	52,03	42,91	36,50
1,80	83,28	77,73	64,79	53,26	44,18	37,75
2,00	83 46	78,16	65,65	54,34	45,33	38,88
2,20	83,61	78,53	66,41	55,30	46 36	39,91
2,40	83,76	78,85	67,08	56,18	47,31	40,85
2,60	83,88	79,15	67,69	56,97	48,17	41,72
2,80	83,98	79,41	68,24	57,69	48,96	42,53
3,00	84,09	79,64	68,74	58,36	49,70	43,27
3,20	84,18	79,86	69,21	58,98	50,39	43,98
3,40	84,26	80,05	69,63	59,55	51,03	44,64
3,60	84,33	80,24	70,03	60,08	51,63	45,26
3,80	84,40	80,40	70,39	60,58	52,19	45,84
4,00	84,47	80,56	70,73	61,05	52,73	46,40
4,20	84,52	80,70	71,05	61,49	53,23	46,93
4,40	84,58	80,83	71,35	61,91	53,71	47,43
4,60	84,63	80,96	71,63	62,31	54,17	47,91
4,80	84,68	81,08	71,90	62,68	54,60	48,37
5,00	84,73	81,19	72,16	63,04	55,01	48,81

Pastaba: tarpiniams *R* dydžiams *C* reikia imti interpoliacijos keliu.

XXIV lentelė. Tiltų angų parinkimas.

Vidutinis greitis po tiltu v_1 m/sek	Vandens gilumas m: Tilto viduryje h_1 *)	Prieš tiltą h_n *)	Didžiausieji angų debitai: $Q = \frac{\mu \cdot b \cdot v_1^3}{g} = \frac{b \cdot v_1^3}{11,47} = 0,0872\ b \cdot v_1^3$ kub m/sek, kai angos dydis m: 1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8.	9.	10	12.	14.	16.	18.	20.	Sustiprinimo būdas
0,50	0,025	0,038	0,011	0,022	0,033	0,044	0,055	0,065	0,076	0,087	0,098	0,109	0,130	0,153	0,174	0,196	0,218	Natūrali ar velėnuota vaga
1,00	0,102	0,153	0,087	0,174	0,262	0,349	0,436	0,523	0,610	0,698	0,785	0,872	1,046	1,221	1,395	1,570	1,744	
1,25	0,144	0,216	0,151	0,301	0,452	0,603	0,754	0,904	1,055	1,206	1,356	1,507	1,808	2,110	2,411	2,713	3,014	
1,50	0,230	0,345	0,294	0,589	0,883	1,177	1,472	1,766	2,060	2,354	2,649	2,943	3,532	4,120	4,709	5,297	5,886	
1,75	0,313	0,470	0,467	0,935	1,402	1,869	2,337	2,804	3,271	3,738	4,206	4,673	5,608	6,542	7,477	8,411	9,346	
2,00	0,408	0,612	0,694	1,395	2,093	2,790	3,488	4,186	4,883	5,581	6,278	6,976	8,371	9,766	11,162	12,557	13,952	Vienaeilis grindinys
2,25	0,517	0,776	0,993	1,987	2,980	3,973	4,966	5,960	6,953	7,946	8,939	9,933	11,919	13 906	15,892	17,879	19,865	
2,50	0,638	0,957	1,363	2,725	4,088	5,450	6,813	8,175	9,538	10,900	12,263	13,625	16,350	19,07	21,800	24,525	27,250	
2,75	1,772	1,158	1,813	3,627	5,440	7,254	9,068	10,881	12,694	14,508	16,321	18,135	21,662	25,389	29,016	32.643	36 270	
3,00	0,918	1,377	2,35	4,709	7,063	9,418	11,772	14,126	16,481	18,835	21,190	23,544	28,253	32,962	37,670	42,379	47,088	Dvieilis grindinys
3,25	1,078	1,617	2,993	5,987	8,980	11,974	14,967	17,960	20,954	23,947	26,941	29,934	35,921	41,90[illegible]	47,894	53,881	59 868	
3,50	1,250	1,875	3,739	7,477	11,216	14,955	18,694	22,432	26,171	29,910	33,648	37,387	44,864	52,342	59,819	67,297	74,774	
3,75	1,435	2,153	4,598	9,197	13,795	18,394	22,992	27,590	32,189	36,787	41,386	45,984	55,181	64,378	73 574	82,771	91,968	Akmeninis latakas
4,00	1,632	2,448	5,581	11,162	16,742	22,323	27,904	33,485	39,066	44,646	50,227	55,808	66,970	78,131	89,293	100,454	111,616	
4,25	1,842	2,465	6,694	13,388	20,082	26,776	33,470	40,164	46,858	53,552	60,246	66,940	80,328	93,716	107,104	120,492	133,880	
4,50	2,066	3,099	7,846	15,892	23,838	31,784	39,731	47,677	55,623	63,569	71,515	79,461	95,353	111,245	127,138	143,030	158,922	
6,00	3,600	5,400	18,835	37,670	56,506	75,341	94,476	113,011	131,846	150,682	169,517	188,352	226,022	263,693	301,363	339,034	376,704	Medinis latakas

*) $h_1 = \frac{v_1^2}{g} = 0,102\ v_1^2$. $h_n + \frac{3v_1^2}{2g} - k = 0,153\ v_1^2$ (kai $k = 0$).

Pastebėtų klaidų atitaisymas.

Pusl. ir eilutė:	Išspausdinta:	Turi būti:
5^{3}	Jis skirtas tiltų tech- nikams	Jis skirtas techni- kams, tiltų meistrams
19_{14}	sąlygos	salygų
24_{5}	nuosekus	nuosakus
25_{6}	žolėmis	žodį išleisti.
28_{15}	kmiteto	komiteto
30_{22}	1927 m.	1907 m.
34^{15}	žemesneje	žemesnėje
36^{8}	kartograma	kartogramą
41^{6}	upes	upės
45_{11}	didelei	dalelei
48^{15}	dydis	gilumas
50_{14}	Kad	Kad to
53^{1}	paparstai	paprastai
61^{2}	galima	galime
63^{6}	(grafiškai)	(grafikai)
67_{13}	perimetras)	perimetras
76^{8}	paga	pagal
82_{1}	67 m.	77 m.
86_{2}	džiovimo	džiuvimo
93_{1}	truputi	truputį
93_{2}	didumas	didumams
95_{6}	sausesnes	siauresnes
97^{7}	paprastas	prastas
98_{18}	įpatingo	ypatingo
98_{19}	ėsant	esant
101_{9}	abejuose	abiejuose
101_{12}	— tiesa	— tiesi
103^{15}	54 e brėž.	54 b brėž.
104^{3}	arba	—
106_{6}	ramtinė	ramstinė
112^{4}	jo	jos
118_{4}	apslėgintuose	apslogintuose
120_{8}	Pluktasis	Plūktasis
123^{9}	turio	tūrio
123^{16}	artmetišką	aritmetišką
137_{3}	strelei	strėlei
151	140 brėž. atbulas	apversti 180^{0}

Pusl. ir eilutė:	Išspausdinta:	Turi būti:
155_{19}	kolovano	kotlovano
156^{7}	aukšto	aukščio
156_{19}	sukretimų	sukrėtimų
156_{18}	mažų	mažo
157^{1}	parodytas	parodytos
162^{1}	patyria	patiria
162_{2}	nesandarumas	nesandarumus
165^{12}	reakcija	reakciją
166_{5}	2400	24000
167^{5}	2400	24000
168_{6}	pada	padą
168_{9}	įleistį	įleisti
172_{7}	privalo	pavidalo
174^{4}	ji	jį
174_{4}	(ivijūs)	(įvijus)
182^{5}	$P = \frac{h.\ Q^2.\ q}{m\ e\ (Q+q^2)}$	$P = \frac{h\ .\ a^2\ .\ q}{m\ .\ e\ (q+q)^2}$
182_{12}	taikoms	taikomos
183^{7}	Meškos svoris... m	Meškos svoris. . kg.
184^{16}	proejktu	projektu
184_{1}	riediu	riebiu
184_{3}	baug	daug
184_{5}	tiltu	tilto
188_{9}	angoms	angos
191	10 b brėž.	210 b brėž.
192_{4}	$= {}^{1}/_{3}$	$= {}^{1}/_{3}\ h$
198_{1}	nuolailumo	nuolaidumo
210_{1}	150 kg/2	150 kg/cm^2
212^{7}	200	2000
213^{6}	neišrpendžiamų	neišsprendžiamų.
214^{3}	atramines	atraminės
214^{5}	parodyti	parodytos
214_{8}	jėga	jėgą
214_{9}	vadinama	vadinamą
215_{2}	(2š4 brėž.)	(244 brėž.)
220_{3}	aukštų	aukštu
228^{3}	Armatūrą	Armatūra
233^{18}	būda	būdą
242_{6}	plymo	pylimo
243^{6}	konsules	konsoles
254_{6}	geležine	geležinė
265_{2}	ėgą	jėgą
274_{2}	išienkti	išlenkti
274^{6}	tšlaiko	išlaiko
276^{5}	pifnas	pilnas
277^{16}	Velkiantis	Veikiantis

Pusl. ir eilutė:	Išspausdinta:	Turi būti:
280^{8}	makslmaliai	maksimalūs
283_{9}	lnijai	linijai
284^{11}	atsitfkimai	atsitikimai
285^{1}	Terpe	Terpė
287^{4}	uuo	nuo
289^{6}	Kerpimo	Kirpimo
291_{10}	$-\frac{2}{2}$ 1,75	$-\frac{2}{3}$ 1,75.
295^{1}	trapecines	trapecinės
303^{8}	užpakalio	užpilo
304^{8}	paskirsto	pasiskirsto
315_{4}	plentrolis	plentvolis
316	417 brėž.	419 brėž.
316	419 brėž.	417 brėž.
321_{4}	sąlygą	sąlyga
332_{11}	antrą žodį dydį	išleisti
XII brėž. lape	458 brėž. atbulas	apversti 180^{0}
344^{8}	477 grėž.	477 brėž.
353^{12}	cm vutu 20×80	vutu 20×80 cm
366_{11}	$+1{,}945\ t^{2}$	$+1{,}945$ t
373^{4}	plokšė	plokštė
373^{5}	klojniai	klojiniai
373_{3}	vendentiekio	vandentiekio
$3^{7}8$	praleistas po viršutiniu brėžiniu Nr.	543 brėž.
379^{10}	atsisipiria	atsispiria
380^{4}	gelžbetonines	gelžbetonines arkas
384_{4}	traukinio	traukimo
387_{3}	pirmosius	pirmuosius
388^{4}	Arka	Arką
395_{6}	apkilos	pakilos
419_{6}	Pie	Prie
430_{10}	judamųjų	judomųjų
431^{10}	judamosios	judomosios
435^{6}	įtempimui	atsparumui
437	657 brėž. atbulas	pasukti 90^{0} kampu